S. 804. B. 138

MÉMOIRES

DE LA CLASSE

DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

ET PHYSIQUES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

ANNÉES 1813, 1814, 1815.

TABLE

DES MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

Analyse des travaux de la Classe, pendant les années 1813, 1814, et 1815 :

Partie Mathématique, par M. *Delambre*..... Page j

Partie Physique, par M. *Cuvier*..... cxvij

Mémoire sur le nivellement barométrique des Monts-Dores et des Monts-Domes, disposé par ordre de terrains, par M. le baron *Ramond*..... 1

Application des nivellemens exécutés dans le département du Puy-de-Dôme, à la géographie physique de cette partie de la France; par *le même*..... 139

Démonstration du théorême général de Fermat sur les nombres Polygones, par M. A. L. *Cauchy*..... 177

Observations sur la nature des forces qui partagent les rayons lumineux dans les cristaux doués de la double réfraction; par M. *Biot*..... 221

Démonstration d'un théorême d'où l'on peut déduire toutes les lois de la réfraction ordinaire et extraordinaire, par M. *Ampère*, 235

Mémoire sur le mouvement des fluides dans les tubes capillaires, et l'influence de la température sur ce mouvement, (avec trois planches) par M. *Girard*..... 249

Extrait de quelques recherches nouvelles sur l'algèbre et sur la théorie des nombres, par M. Poinsot..... 381

N. B. Ce volume est le XIV^e^ et dernier des Mémoires de la Classe des Sciences Mathématiques et Physiques de l'Institut.

MÉMOIRES

DE LA CLASSE

DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

ET PHYSIQUES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

14

ANNÉES 1813, 1814, 1815.

A PARIS,

Chez FIRMIN DIDOT, Imprimeur du Roi et de l'Institut, et Libraire pour les Mathématiques, rue Jacob, n° 24.

M. DCCC. XVIII.

HISTOIRE

DE LA CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES DE L'INSTITUT ROYAL DE FRANCE.

ANALYSE

Des travaux de la Classe des Sciences Mathématiques et Physiques de l'Institut, pendant les années 1813, 1814, 1815.

PARTIE MATHÉMATIQUE.

PAR M. LE CHER DELAMBRE, SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

Mémoires de M. LAPLACE, *sur les variations des élémens planétaires, et sur les Comètes.*

L'ARTICLE le plus intéressant de cette notice des travaux de la Classe des Sciences devait être l'annonce de la mécanique analytique de M. le comte Lagrange. L'impression du second volume avait commencé vers les premiers jours de janvier. L'ardeur avec laquelle l'illustre auteur se portait à ce travail nous donnait l'espoir d'en recueillir bientôt les fruits. Sa mort, qui, dans tous les temps, eût été une calamité pour les sciences,

a été d'autant plus sensible qu'elle ajournait ou faisait peut-être évanouir entièrement des espérances qui paraissaient si bien fondées. Mais l'influence d'un grand homme ne s'arrête pas au temps toujours si borné de son existence; les domaines qu'il a ajoutés à la science seront exploités et fertilisés par ses dignes successeurs. Dans les succès qu'ils obtiendront, on verra la suite des succès obtenus par lui; ainsi, en lisant les Mémoires dont M. le comte Laplace a enrichi le recueil de l'année, nous nous rappellerons qu'un des premiers travaux de M. Lagrange avait eu pour objet une intégration qui donnait au calcul des probabilités une base nouvelle et plus sûre. On se souviendra de même que, par le dernier Mémoire qu'il a lu dans nos séances, il était parvenu à simplifier et généraliser avec la même supériorité le calcul des *variations des élémens des orbites planétaires.*

Ce sont ces deux mêmes sujets auxquels M. le comte Laplace, qui les avait aussi traités par ses propres méthodes, vient d'ajouter de nouveaux développemens. Nous nous contenterons aujourd'hui de la simple annonce du dernier de ses Mémoires, dont nous n'avons entendu qu'une seule lecture; nous pouvons donner une idée moins incomplette du premier, qui vient d'être publié.

M. le comte Laplace, qui nous avait donné l'année dernière un ouvrage complet sur les Probabilités, vient d'appliquer sa théorie à l'une des questions les plus difficiles que présente l'astronomie physique; à l'origine des comètes, et à la nature de leurs orbites.

On se rappelle l'idée de M. Herschel, qui, voyant presque par-tout, dans les espaces célestes, une matière faiblement lumineuse, dans laquelle il apercevait disséminés certains points qui lui paraissaient plus denses et plus lumineux, a pensé qu'avec le temps l'attraction universelle pouvait réunir autour de ces centres, la matière nébuleuse dont ils sont environnés; qu'en

vertu de leur attraction mutuelle, deux ou plusieurs de ces centres pouvaient acquérir un mouvement; que ce mouvement pouvait les amener à la surface de la sphère dans laquelle s'étend la puissance attractive du soleil, et qu'enfin ce mouvement combiné avec l'attraction solaire, pouvait faire de ces centres autant de comètes nouvelles qui circuleraient autour du soleil, en suivant les mêmes lois que les planètes anciennement connues.

Les nouvelles orbites seront ou circulaires, ou elliptiques, ou paraboliques, ou enfin hyperboliques.

Dans le premier cas, les comètes seront à jamais invisibles, à moins que, contre toute probabilité, on ne leur suppose une masse et une lumière qui les rendent perceptibles à une distance si considérable. Car ces noyaux mêmes, ou ces centres aperçus par M. Herschel, se dérobent à nos lunettes ordinaires.

Si elles sont elliptiques ou paraboliques, les comètes pourront descendre à une proximité du soleil qui nous permettra de les observer, dans une portion de leur orbite comprise entre le périhélie et le paramètre, et même un peu au-delà. Cette supposition expliquerait assez bien les phénomènes que nous ont présentés les comètes observées. Leur grand axe doit surpasser le rayon de la sphère d'activité du soleil, qui doit s'étendre bien au-delà de l'orbite d'Uranus; des ellipses aussi allongées doivent se confondre sensiblement avec des paraboles qui auraient même sommet. Les révolutions de ces comètes seront si longues, qu'à peine pourrait-on former l'espoir de les revoir, ou de les reconnaître après toutes les altérations qu'elles pourraient subir dans la partie de leur courbe, où nous ne pouvons les suivre, et où tant de causes peuvent modifier leurs élémens.

On rendrait encore fort bien raison de la grandeur et de la ténuité de leurs queues. La matière nébuleuse que l'attraction aurait condensée pour former la comète, venant à se dilater par

la chaleur solaire, reprendrait à-peu-près sa ténuité première; elle pourrait s'évaporer et se perdre dans l'espace; ayant perdu sa queue et sa nébulosité, la comète ressemblerait en tout aux quatre petites planètes; elle pourrait même se dissoudre entièrement, et cesser d'être. Les astronomes auraient à regretter le temps perdu à calculer des élémens; il leur suffirait d'en avoir cette approximation grossière, qui les met à peu de frais en état de satisfaire à la curiosité du public, pendant le temps si court où la comète peut faire spectacle.

Il est pourtant quelques comètes qui ont présenté des particularités qui ne suivent pas de cette hypothèse. Celle de Halley, par exemple, n'a pas un grand axe égal à celui d'Uranus. La comète de 1770 avait un grand axe moindre que celui de Jupiter. Suivant M. le comte Laplace, ces singularités peuvent avoir pour cause les attractions planétaires ou la résistance des milieux éthérés. Mais les attractions planétaires doivent être bien faibles ou bien rares à l'entrée de la comète dans la sphère d'activité du soleil, et M. Laplace lui-même avait rendu fort problématique cette résistance de l'éther, incompatible avec la constance des grands axes des anciennes planètes.

Si l'orbite elliptique allongée peut se confondre avec une parabole, la différence n'est pas plus grande entre la parabole et l'hyperbole. On a reconnu dans quelques cas l'insuffisance de la parabole; on a été obligé de recourir à l'ellipse. Pourquoi n'a-t-on jamais senti bien évidemment la nécessité de l'hyperbole? Des cent dix-sept comètes dont nous avons les élémens, deux seulement sont décidément elliptiques; les cent quinze autres sont ou paraboliques ou elliptiques; à la vérité, rien n'empêcherait de les soupçonner hyperboliques, mais différant infiniment peu de la parabole, et, dans ce cas, il n'y aurait rien de bien étonnant que la nature de ces orbites nous eût échappé. Nous n'avons reconnu l'ellipse de 1759 que par les différens retours de la

comète à 75 ou 76 ans d'intervalle, sans cela nous l'eussions regardée comme parabolique. Les comètes hyperboliques ne reviennent jamais, nous n'aurons donc jamais l'occasion de rectifier notre méprise. Rien ne nous assure donc bien précisément que les orbites hyperboliques soient plus rares que les orbites elliptiques; elles pourraient même être beaucoup plus nombreuses, sans que nous pussions jamais nous en douter. Mais M. Laplace ne parle que de celles dont l'hyperbole se pourrait connaître par les observations; le fait est que nous n'en connaissons aucune de ce genre. De-là naît cette question : Quelle est la cause qui rend les hyperboles si rares? Ce problème ne peut se résoudre bien complétement. Tout ce qu'on peut faire est d'y appliquer le calcul des *probabilités*. Si de plusieurs cas différens, qui paraissaient également possibles, il en est un qui ne s'est jamais présenté, on semble autorisé à croire qu'il existe une cause qui le rend si rare. Il faudra que les chances qui donnent une hyperbole soient en bien petit nombre par rapport aux chances contraires. M. Laplace trouve en effet qu'*il y a un grand nombre à parier contre l'unité, qu'une nébuleuse qui pénètre dans la sphère d'activité solaire, de manière à pouvoir être observée, décrira ou une ellipse très-allongée, ou une hyperbole, qui, par la grandeur de son axe, se confondra sensiblement avec une parabole dans la partie que l'on observe.* Il résulte de l'analyse de M. Laplace que, dans le cas le plus favorable aux hyperboles, il y a cependant encore cinquante-six contre un à parier que l'hyperbole ne sera pas sensible. Ainsi nous pourrions être tentés de donner l'exclusion à cette courbe, et ce serait autant de calcul épargné; il est vrai qu'on n'essaie guères l'hyperbole qu'après avoir vainement employé la parabole d'abord, et ensuite l'ellipse.

La parabole n'est elle-même qu'une limite, un cas unique entre des ellipses et des hyperboles, dont les dimensions peuvent

varier à l'infini. La probabilité de la parabole paraît donc à-peu-près nulle. Ces hyperboles seront peu sensibles ; par le fait, il semble que les ellipses ne le sont guères davantage. Les comètes hyperboliques ne reviendront jamais, les comètes elliptiques ne reviendront qu'à de longs intervalles. On ne s'étonnera plus qu'il n'y en ait eu qu'une seule jusqu'aujourd'hui dont le retour soit constaté.

M. le comte Laplace avait trouvé dans l'attraction de Jupiter une cause probable des altérations qui ont empêché la comète de 1770 de se remontrer huit fois depuis son unique apparition. Peut-être s'est-elle tout-à-fait évaporée, ou du moins elle aura pu se réduire à un noyau si faible et si peu lumineux, qu'elle sera toujours invisible. Ces deux explications, loin d'être incompatibles, peuvent avoir concouru pour produire un effet qui avait excité la curiosité des géomètres et des astronomes.

On pourrait craindre que la nouvelle hypothèse ne diminuât un peu l'importance des comètes, que cette opinion ne se rapprochât assez de celle des anciens, qui regardaient les comètes comme des amas passagers de vapeurs, qui se formaient pour se décomposer et disparaître bientôt après ; ce qui a fait que, pendant si long-temps, les astronomes ne les ont pas jugées dignes d'être scrupuleusement observées. Toute la différence est qu'Aristote faisait naître les comètes bien au-dessous de la lune ; dans l'hypothèse de M. Herschell, elles se formeraient au-delà du système planétaire, elles auraient une durée bien plus longue, puisque ce serait seulement dans leurs passages au périhélie qu'elles pourraient perdre une partie de leur substance. Mais, si elles deviennent invisibles pour nous, ce sera la même chose que si elles n'existaient pas. Malgré ces réflexions, qui ne sont que de faibles probabilités, il est à croire que la première comète qui se montrera sera suivie avec le même zèle ; que, non contens de la parabole, qui suffit presque toujours à la première appa-

rition, des calculateurs intrépides s'évertueront à trouver des ellipses, malgré toutes les incertitudes qu'offre ce problème, et que, si les observations ne peuvent être représentées dans aucune des deux courbes, ils auront recours à l'hyperbole, à qui sa rareté même aura procuré un nouveau prix.

Mémoire de M. Burckhardt *sur les masses des Planètes.*

Les formules de MM. Lagrange et Laplace nous permettent d'assigner pour une époque quelconque la situation et les dimensions des orbites planétaires; géométriquement le problème est résolu, les constantes arbitraires sont déterminées pour la plupart avec une exactitude suffisante pour ces recherches; nous n'ignorons pas même les masses des planètes qui ont des satellites, c'est-à-dire, celles d'Uranus, de Saturne, de Jupiter, et de la Terre. Mais Mars, Vénus, et Mercure, n'ont point de satellites; on n'a, pour en déterminer les masses, que les altérations qu'elles produisent dans les excentricités et les inclinaisons, ou les équations qu'elles donnent pour les mouvemens des aphélies et des nœuds; mais ces variations sont extrêmement lentes, les bonnes observations ne datent que de soixante ans; il ne reste que les équations périodiques de la longitude. Ces équations ne sont pas plus fortes, mais les périodes en sont au moins plus courtes il suffit d'une demi-période pour obtenir l'effet doublé: puisqu'il est alternativement positif et négatif. La lune est à-peu-près dans le même cas que Vénus; malgré les secours qu'on a tirés des phénomènes des marées et de la nutation, nous n'avons pas encore une connaissance bien précise de la masse de notre satellite.

Cependant, sans adopter une valeur au moins hypothétique pour ces masses ignorées, il est impossible d'avoir des tables un peu exactes des mouvemens apparens du soleil. Heureusement

nous avons depuis soixante ans un nombre prodigieux de bonnes observations. Les valeurs assignées aux masses qui représenteront le mieux la totalité des observations, seront les valeurs, sinon certaines, au moins les plus probables de ces masses douteuses.

Pour les déterminer, l'auteur des Tables du soleil avait choisi, parmi toutes les observations qu'il avait calculées, toutes celles où chacune de ces masses produisait des effets bien sensibles. Les résultats auxquels il était parvenu n'étaient pas, même à ses yeux, tellement certains, qu'on n'y pût changer quelque chose, soit d'après d'autres observations, soit d'après ces mêmes observations différemment combinées, sur-tout si, pour les réduire, on employait des élémens un peu différens, tels que les ascensions droites des étoiles.

Il en est de même du mouvement séculaire moyen du soleil; il l'avait déterminé par la comparaison d'un grand nombre d'observations faites vers 1752 et 1800, ce qui ne lui donnait que le mouvement de quarante-huit ans, c'est-à-dire, un peu moins que la moitié du mouvement séculaire. Il présentait ce mouvement non comme certain, mais comme celui qui s'accommodait le mieux aux observations qu'il avait calculées. Il voyait lui-même que le plus léger changement sur la position des étoiles aux deux époques extrêmes introduirait un changement pareil dans le mouvement obtenu. Il n'osait répondre que ce mouvement fût préférable à celui que proposait vers le même temps M. de Zach, et qui n'était autre que celui auquel il s'était lui-même arrêté dans de premières recherches; il disait enfin dans la préface de ses Tables, *que le temps seul pourrait decider un point aussi délicat.*

Mais, ce qu'on obtiendra sûrement d'un plus long intervalle, et d'observations plus nombreuses et peut-être encore plus précises, on peut aussi jusqu'à un certain point se flatter de l'obtenir

en redoublant de soins, en multipliant les calculs, en employant des données encore plus exactes. C'est ce que vient de tenter M. Burckhardt, et il n'a rien négligé pour y réussir.

Il a commencé par calculer trente-six années d'observations, depuis 1774 jusqu'en 1810; afin de pouvoir négliger sans inconvénient la petite équation de la latitude du soleil, qui a dû passer plusieurs fois par toutes les valeurs dont elle est susceptible en plus et en moins, dans cette double révolution du nœud de la lune. Il a de plus employé trois cent dix observations de Bradley vers 1752. Par ce moyen, il gagnait déja huit ans écoulés depuis la construction des dernières tables. Pour calculer ces observations, il a pris un milieu entre les ascensions droites corrigées de Maskelyne, et celles de M. Bessel. L'auteur des Tables s'était servi des ascensions droites de Maskelyne, corrigées par ses propres observations vers 1800; et pour 1752, il avait pris les ascensions droites de Bradley, nouvellement corrigées par Hornsby, éditeur de Bradley. De ces changemens, que les recherches et les observations faites en ces dernières années rendaient possibles, il devait résulter infailliblement une différence sur le mouvement moyen, et probablement aussi sur la valeur des masses.

M. Burckhardt trouve ainsi 3″.8 à ajouter au mouvement pour quarante-neuf ans, ce qui donne 7″.7 pour le mouvement séculaire. Par-là, son mouvement tient le milieu entre celui de M. de Zach, et celui que La Caille avait publié il y a cinquante-six ans. Mayer, qui avait voulu corriger ce mouvement, en avait augmenté considérablement la très-petite erreur. Lalande venant ensuite, avait diminué de 20″ le mouvement de Mayer, et se trouvait par-là de 8″ en excès sur le mouvement proposé aujourd'hui par M. Burckhardt.

On voit du moins que, dans ces oscillations, l'erreur va toujours en diminuant, et que, si nous n'avons pas encore atteint le but,

nous en approchons très-sensiblement. La longueur moyenne de l'année, suivant M. Burckhardt, serait de $365.5^h48'.49''.7$; l'auteur des Tables la faisait d'environ $51''.5$; mais dans le second volume de son Astronomie, imprimé déja depuis un an, on trouvera qu'il penche pour $50''$, et qu'ainsi il s'était lui-même rapproché de la nouvelle détermination. La différence ne serait plus que de $0''.3$, quantité dont il sera toujours difficile de répondre.

L'auteur des Tables avait trouvé pour l'équation lunaire $7''.5$; La Caille supposait $7''.05$, Maskeline $7''.1$, M. Burckhardt $6''.8$, le milieu serait $7''15$; l'incertitude serait donc d'une petite fraction de seconde.

Pour la masse de Mars, M. Burckhardt trouve qu'il ne la faudrait diminuer que d'un vingtième, et, comme l'équation est par elle-même très-petite, cette correction, très-incertaine d'ailleurs, ne vaut pas la peine qu'on s'en occupe.

La correction la plus considérable en ce genre est celle qu'il trouve pour Vénus, et, comme l'équation est plus sensible, l'incertitude de la correction doit être beaucoup moindre. M. Burckhardt diminue la masse de $\frac{1}{9}$, ce qui forcerait à diminuer la plus grande équation d'environ $1''$.

En donnant à la masse supposée par M. Laplace la valeur.	1.0000
l'auteur des Tables l'avait portée à.....	1.0743
M. Burckhardt la réduirait à.....	0.9549
M. Lindenau tout nouvellement vient de trouver.....	1.0797
et.....	1.1131
Le milieu entre tous ces quatre résultats serait.....	1.0555

et ne différerait que de $\frac{1}{50}$ de ce que supposent les Tables.

C'est par les mouvemens de Mercure que M. Lindenau a cherché la masse de Vénus; il a réuni en un seul les résultats qu'il tirait des mouvemens de l'aphélie et du nœud; par un milieu

il s'arrête à 1,0964; ainsi il augmente l'équation des tables autant qu'on la diminuerait si on s'arrêtait au milieu ci-dessus. Entre ces témoignages opposés, l'auteur des Tables pourrait s'en tenir à ce qu'il a trouvé; mais il ne met pas plus d'importance à sa détermination qu'à toute autre; il conviendra même que le résultat de M. Burckhardt, fondé sur un plus grand nombre d'observations, sur des recherches plus nouvelles, offre par conséquent une probabilité plus forte. Une raison d'un grand poids vient encore appuyer la diminution proposée pour la masse de Vénus, et cette raison depuis long-temps inquiétait l'auteur des Tables. De quelque manière qu'il ait pu combiner les observations de Lacaille, Mayer, Bradley, Le Gentil, Maskelyne, Piazzi, et les siennes propres, jamais il n'avait pu trouver plus de 48″ pour la variation séculaire de l'obliquité de l'écliptique. L'obliquité moyenne qu'il a trouvée vers 1800, a depuis été confirmée par tous les solstices observés à Paris; celle qui résulte pour 1750 de tant d'observations si bien d'accord, ne lui paraît pas devoir être en erreur de plus d'une seconde; il en conclut que tout au plus pourrait-on supposer 50″ pour la diminution séculaire; il n'a jamais cru à la diminution de 52″. On peut, sans qu'il réclame, supposer à Vénus la masse qui donnera 48 ou 50″ de diminution séculaire, et donner à l'équation de Vénus, dans les tables solaires, la valeur qui résultera de cette supposition.

M. Burckhardt propose enfin une diminution de 1″ pour la plus grande équation du centre. En rassemblant toutes ces corrections, il en résultera qu'un lieu du soleil calculé aujourd'hui sur les tables pour l'an 1850, pourrait absolument différer de 6″ d'une observation parfaite que l'on ferait alors; mais pour cela il faudrait, ce qui est presque impossible, que les trois erreurs fussent à-la-fois au maximum et de même signe. C'est beaucoup que de supposer 3″ pour l'erreur moyenne au bout de 50 ans;

nous souhaitons qu'à cette époque les instrumens soient assez perfectionnés pour que l'astronome puisse répondre de cette quantité dans une observation isolée. Mais cette erreur si légère peut s'éviter bien facilement, si l'on adopte les corrections de M. Burckhardt. La plus importante est celle du mouvement séculaire : il est aisé de le diminuer d'un dixième de seconde par an. Les deux autres corrections donneraient encore moins de peine, mais comme elles sont périodiques, et souvent presque nulles, on pourra souvent ne point s'en embarrasser.

Des corrections si peu sensibles qu'elles ne sortent pas des limites des erreurs de nos meilleures observations, pourraient passer pour une confirmation des Tables, aussi-bien que pour une amélioration; on pourrait même plaindre les astronomes de se dévouer à tant de calculs si longs et si fastidieux pour ne trouver que des résultats si peu différens de ce que l'on avait; mais les tables du soleil sont le fondement de tous nos calculs, on ne saurait les vérifier trop fréquemment; tel est particulièrement le devoir des membres du Bureau des longitudes. C'est pour satisfaire à cette obligation que M. Burckhardt a fait sur les tables de la lune un travail encore plus considérable pour arriver à des améliorations de même genre, et qui, par leur petitesse même, sont une des preuves les plus satisfaisantes que l'on pût desirer de la perfection singulière à laquelle sont montés aujourd'hui les observations et les calculs astronomiques.

Sur les petites Equations qui existent dans la théorie de Jupiter.

Le calcul analytique, à quelque précision qu'il ait été porté par les plus grands géomètres, a bien encore ses imperfections, ainsi que les meilleurs instrumens. A défaut de méthodes directes, on ne peut intégrer les équations que par des séries dont on prend tous les termes que l'on juge devoir être sensibles; on néglige

tout le reste. A la vérité, chacun des termes omis est probablement assez petit de lui-même pour que l'on pût à bon droit le négliger entièrement s'il était seul. Mais le nombre en est si grand que, malgré toutes les compensations qu'on peut espérer, il n'est pas impossible que l'erreur totale ne puisse assez souvent s'apercevoir. Si cette erreur se soutient assez long-temps, et qu'on n'y voie que des variations assez lentes pour ne pouvoir tenir à aucune des équations employées dans les tables, on a recours aux combinaisons d'angles dont les périodes sont plus longues. Ce qu'il y a de fâcheux dans ces essais, c'est qu'au lieu d'une de ces combinaisons qu'on nomme *argumens*, on en peut trouver plusieurs entre lesquelles il est difficile de faire un choix. Alors tout est incertain, l'argument aussi-bien que le coëfficient de l'inégalité cherchée. L'erreur observée peut elle-même être une combinaison de plusieurs inégalités également inconnues, qui ne pourront être démêlées que dans plusieurs siècles : on en est donc réduit à les essayer les unes après les autres, et à se livrer à des calculs interminables, sans pouvoir même se flatter d'un succès un peu durable. La combinaison adoptée peut satisfaire aux observations passées, mais on n'a qu'une assez faible probabilité qu'elle satisfasse également bien aux observations futures : on a allongé le calcul et grossi les tables sans utilité bien démontrée. Mais plus cette voie est épineuse, plus on doit d'éloges aux astronomes qui ont eu le courage de s'y engager. C'est l'espèce de dévouement qu'ont montré les astronomes qui ont entrepris d'améliorer la théorie des tables lunaires. Mais quand la formule du mouvement d'une planète est donnée, quand toutes les quantités qui doivent la composer sont connues, ou peuvent se déduire de celles que l'on connaît, alors il ne faut plus que de la patience pour en suivre tous les développemens, et déterminer toutes les équations qui mériteront d'entrer dans les tables. C'est au moins l'avantage que présentent les formules

des perturbations planétaires. Celles que nous devons à l'auteur de la Mécanique céleste sont données dans son ouvrage avec une étendue qui paraît plus que suffisante pour les planètes inférieures; il n'y manque qu'une connaissance plus parfaite des masses. C'est précisément le contraire pour les trois planètes supérieures: les trois masses doivent être suffisamment connues, puisque toutes trois ont des satellites; mais les mouvemens sont plus lents, et leurs rapports tels, qu'il devient nécessaire de pousser les approximations jusqu'aux quantités des ordres supérieurs. De-là sans doute, aussi-bien que par le défaut des observations, les erreurs au reste assez légères qu'on avait trouvées dans les premières tables de Jupiter et de Saturne imprimées depuis vingt-deux ans. Depuis ce temps, M. le comte Laplace a de nouveau revu sa théorie. En faisant d'ailleurs de légères corrections aux masses, en employant les observations faites depuis cette époque, et abandonnant les observations de Flamsteed, et toutes celles qui ont précédé l'époque de l'an 1750, parce qu'elles seront désormais plus propres à gâter les tables qu'à les améliorer, M. Bouvard était parvenu à rapprocher les calculs et les observations modernes. Il a porté plus loin ses espérances, il travaille de nouveau à diminuer encore les erreurs; dans ces circonstances, M. Burckhardt qui avait déja donné les développemens analytiques des formules de M. Laplace, a jugé convenable et utile de voir ce que donneraient ses formules pour les inégalités de Jupiter, jusqu'à celles du sixième ordre inclusivement. Dans le Mémoire qu'il vient tout récemment de lire à l'Académie, on voit des équations de cinq ordres différens, depuis le second jusqu'au sixième, formant en tout trente-cinq termes, dont le plus fort ne va pas à cinq secondes, et dont la somme totale est de $40'' \frac{1}{2}$ sexagésimales. On se doute assez, et M. Burckhardt en avertit, que les inégalités de cet ordre seraient plus considérables pour Saturne.

En faisant aux tables des planètes supérieures ces additions utiles, si l'on ne parvient pas encore à réduire les erreurs à celles qu'on peut imputer aux observations, M. Burckhardt pense qu'on pourra dès-lors se tenir pour certain de l'influence des petites planètes ou autres corps célestes quelconques, car il a mis le plus grand soin à rendre ce travail complet.

Baromètre portatif d'une construction nouvelle, par M. Gay-Lussac.

Ce baromètre est à syphon : ce qui le distingue de tous ceux qu'on a connus jusqu'à ce jour, c'est qu'il est entièrement exempt de robinets, de vis ou de piston. La branche la plus courte est fermée à son extrémité ; mais à deux ou trois centimètres au-dessous de cette extrémité, se trouve un petit trou capillaire, qui suffit au libre passage de l'air, mais trop petit pour que le mercure puisse s'échapper, même quand il vient à passer sur cette ouverture.

Cette branche est réunie à la plus longue par un tube dont le diamètre intérieur est d'un millimètre environ, et dont la longueur au-dessus de la courbure est de deux à trois décimètres. Cette disposition a l'avantage que s'il s'engageait de l'air dans la courbure du baromètre pendant le transport, le mercure le chasserait devant lui lorsqu'on renverserait l'instrument ; ce qui n'aurait pas lieu si le tube était plus large. Cette construction est tellement simple, qu'il est à croire que cette description suffira pour en donner une idée exacte sans le secours d'aucune figure.

M. le comte de Rumford a lu à l'Académie la description d'un *thermomètre destiné à mesurer la chaleur spécifique des solides et des liquides;* mais son Mémoire ne nous a pas été communiqué.

LIVRES PRÉSENTÉS A L'ACADÉMIE PAR LES MEMBRES ET LES CORRESPONDANS PENDANT LE COURS L'AN 1813.

Exercices du calcul intégral; supplément à la première partie, par M. le chevalier LEGENDRE.

L'auteur, dans ce supplément, se propose de faire connaître un nouveau genre assez étendu d'intégrales définies qui peuvent être exprimées en partie par les fonctions elliptiques, en partie par les arcs de cercle et les logarithmes. Ces applications, jointes à toutes celles qu'il a données dans la première partie, démontrent de plus en plus la nécessité d'admettre les fonctions elliptiques dans le calcul intégral au même titre que les arcs de cercle et les logarithmes, ce qui exigera des tables suffisamment étendues des fonctions de la première et de la seconde espèce. L'auteur a déja tracé sommairement le plan d'après lequel ces tables pourraient être construites; il promet aujourd'hui les formules propres à simplifier le travail, et à fournir de nouveaux moyens d'exécution.

On sent qu'un pareil ouvrage qui n'est, à proprement parler, qu'une collection de formules, n'est pas de nature à être analysé: ainsi nous nous bornerons à dire que, pour plus de clarté, l'auteur a rangé toutes ses intégrales en seize cases qui forment autant de tables particulières où l'on pourra saisir d'un coup-d'œil l'ensemble des résultats, et retrouver facilement ceux dont on pourrait avoir besoin; qu'il a souvent varié les solutions en montrant les diverses manières dont on peut arriver à la même expression, et qu'il y a signalé quelques cas particuliers qui, par leur singularité et leur difficulté, lui paraissent mériter toute l'attention des géomètres.

Observations de la grande comète de 1807, *avec un supplément aux fragmens aphroditographiques, par M.* SCHROETER, *Gottingue*, 1811, *en allemand.*

L'auteur s'est attaché à la partie physique de cette comète; ses observations ont pour objet les phénomènes particuliers qu'elle a offerts, son noyau, sa nébulosité, les variations de sa queue, sa direction et sa lumière propre.

Dans les nouvelles observations de Vénus, on remarquera les tentatives faites par l'auteur pour déterminer le temps de sa rotation par les phénomènes qu'il a observés aux deux cornes du croissant. Par une multitude de comparaisons et de calculs dont il nous est impossible de donner les détails, il arrive à ce résultat que le temps de la rotation est de $23^h\ 21'\ 7''977$, ce qui confirme l'ancienne détermination de Cassini.

L'auteur soupçonne à cette planète une lumière propre et *phosphorescente*, ainsi qu'à Mercure, et peut-être aussi à toutes les autres planètes de notre système.

Théorie des fonctions analytiques, par M. LAGRANGE, *nouvelle édition revue et augmentée par l'auteur.*

Cette seconde édition a plusieurs avantages sur la première qui a paru en 1797 : elle est plus correcte; on a mis plus d'ordre dans les matières, et on les a divisées par chapitres, ce qu'on n'avait pu faire d'abord, cet ouvrage ayant été composé comme d'un seul jet à mesure qu'il s'imprimait. Enfin on y a fait différentes additions dont les principales se trouvent dans le chapitre XIV de la seconde partie et dans le chapitre V de la troisième.

L'auteur l'a présentée à la Classe quarante-sept jours avant sa mort.

Abrégé d'Astronomie, par M. DELAMBRE.

Cet ouvrage est extrait des leçons que l'auteur a données au collége de France, et dont le recueil complet en trois volumes in-4° doit paraître dans les premiers mois de l'année 1814. On y trouvera les calculs astronomiques réduits en formules, et présentés suivant l'ordre qui a paru le plus naturel.

Sixième et avant dernière livraison des recherches sur les monumens des peuples indigènes du nouveau continent, par M. de HUMBOLDT, *associé étranger.*

Ce cahier est terminé par un Mémoire de M. Visconti sur les rapports qui existent entre les monumens américains et ceux des peuples de l'ancien continent.

Mémoire sur plusieurs propriétés physiques nouvellement découvertes dans les molécules de la lumière ; lu à la séance publique de 1813, *par M.* BIOT.

Quatrième édition du Systéme du monde, par M. le comte LAPLACE.

Description du port près de Lindau sur le lac de Constance. — Second volume de la construction des ponts et autres bâtimens sur l'eau, avec 46 *planches.*

Ces deux ouvrages sont de M. VIEBEKING.

Table des diviseurs pour tous les nombres du deuxième million, ou plus exactement depuis 1020000 *jusqu'à* 2028000, *avec les nombres premiers qui s'y trouvent; par M.* BURCKHARDT. *Paris, chez madame Courcier.*

CES tables forment un supplément extrêmement utile à celles

de M. Chernac, qui sont du même format, et se trouvent chez le même libraire. Ce travail qui paraît immense, et qui serait sur-tout fastidieux par son uniformité, a été fait à des heures perdues, et facilité par des moyens simples et ingénieux qui l'ont rendu tout-à-la-fois et plus court et plus sûr. A l'exemple de Lambert, l'auteur s'est contenté de donner pour chaque nombre son diviseur le plus petit, duquel le plus grand se déduit aussitôt par une division facile; pour avoir tous les autres diviseurs, il suffit de chercher le quotient dans la table de M. Chernac.

Après la division effective, qui ferait trouver par des essais le plus petit diviseur de chaque nombre, le moyen qui se présente le premier est celui de construire, par de simples additions, des tables des multiples de tous les nombres premiers, en s'arrêtant au multiple qui sortirait des limites de la table projetée; mais ce travail ne serait encore que préparatoire, il resterait à transcrire dans un autre ordre la table toute entière, et l'on aurait bien des nombres inutiles, puisqu'on est convenu de supprimer dans ces sortes de tables tous les nombres divisibles par 2, 3 et 5, parce qu'ils se reconnaissent à la simple inspection. Par la disposition que l'auteur a su donner à des feuilles préparatoires, les diviseurs 7 et 11, qui reviennent plus souvent que tous les autres, se trouvaient semblablement placés sur toutes les pages. Une planche gravée suffisait pour imprimer toute cette partie de la table. Sur les diverses épreuves tirées d'après cette planche, il suffisait d'inscrire en tête les centaines de trois en trois. Les diviseurs 13 devaient y revenir dans le même ordre après treize colonnes verticales; une bande de treize colonnes, coupée dans une épreuve, et découpée à toutes les cases où devait se trouver le nombre 13, a suffi pour placer ce diviseur dans toute l'étendue de la table, en y promenant ce châssis mobile. Pour les diviseurs plus considérables,

M. Burckhardt a successivement employé et succinctement exposé dans sa préface divers artifices, dont quelques-uns étaient déja connus, et qu'il a perfectionnés ; d'autres lui appartiennent en propre, et ils avaient échappé à Euler, qui avait daigné faire un long Mémoire tout exprès sur la composition de ces tables. La bonté d'un pareil ouvrage dépend ensuite du soin avec lequel il est imprimé ; M. Daussy a bien voulu partager avec l'auteur la peine de le revoir en entier. M. Daussy est connu pour un calculateur patient et exercé ; nous lui devons les élémens de plusieurs comètes ; on peut donc s'attendre à trouver dans ces tables toute l'exactitude dont les travaux des hommes sont susceptibles.

Mémoires présentés à l'Académie des sciences mathématiques.

M. Mathieu, astronome attaché à l'observatoire royal, a présenté à l'Académie deux Mémoires, l'un sur les solstices, et l'autre sur la latitude de l'observatoire de Paris. Ces deux points avaient été discutés et établis, d'après une suite considérable d'observations, par l'auteur des Tables du soleil et de la Base du système métrique. Les cercles que Méchain et lui avaient employés à ces observations, étaient ceux de Borda ; on sait que la multiplication indéfinie des angles offre à la patience de l'observateur un moyen d'atténuer à volonté l'erreur du résultat définitif, mais on craignait que le peu de force amplificative de la lunette n'eût occasionné des erreurs qui, se trouvant à-peu-près les mêmes sur chacune des observations prise à part, n'offriraient pas une compensation aussi nécessaire ; on crut voir le besoin d'un instrument d'un plus grand rayon, qui devait au moins diminuer la peine des observateurs, conduire avec moins de travail à la même précision, et fournir enfin une vérification importante, si même il n'ajoutait encore à la précision déja

obtenue. Ce vœu des savans fut rempli par M. le comte Laplace, qui, ayant acquis un cercle de Reichenbach, en fit don à l'observatoire de Paris. M. Arago et M. Mathieu furent chargés de l'employer à la vérification des points les plus délicats de l'astronomie; ils ont déja fait une longue suite d'observations de tout genre. M. Mathieu les calcule, et apporte à l'Académie les conclusions les plus remarquables qu'il a pu en tirer.

La force de la lunette permet de voir la polaire en plein jour; avec les cercles de Borda, on la voyait à peine dans le crépuscule, on ne lui trouvait alors qu'un diamètre moins large que le fil; quand on l'avait placée sous ce fil, on pouvait douter si elle était à même distance des deux bords, l'observation pouvait aisément être en erreur d'une seconde, on devait alors préférer les observations faites à nuit close, parce que l'étoile débordait alors le fil des deux côtés. A la lunette de Reichenbach c'est tout le contraire, le fil est si fin que de nuit l'étoile en surpasse de beaucoup l'épaisseur; on est moins sûr de la couper bien exactement en deux parties égales; l'excès est beaucoup moindre le jour, et les observations doivent être plus certaines. Malgré ce petit désavantage, les observations nocturnes s'accordent aussi-bien que les autres. Les écarts partiels autour de la moyenne entre toutes les observations sont une fois de + 2″.36, une fois + 1″.15, et une autre fois — 2.14, et, parmi les autres, les plus fortes différences ne vont qu'à une seconde. Voilà pour le passage supérieur. Dans l'autre passage, les écarts les plus forts sont + 2″.28 + 2″.15 + 2″.11; —1″.80—1″.22, les autres ne passent pas 1″. Le résultat moyen est, pour la latitude du

cercle,	48″.5o′.13.82
et pour la façade méridionale de l'observatoire..	48 .5o .13 .16
par un milieu entre les observations de MM. Delambre et Méchain.	48 .5o .13 .25

quand on se sert des mêmes tables de réfraction.

La déclinaison moyenne de la polaire pour le premier janvier 1812..... $88^h.18'.18''.98$ en la comparant à celle que M. Delambre avait établie pour 1793 et 1797, M. Mathieu trouve la précession luni-solaire 50″,242 et 50″,307, ou 50,274 par un milieu; si l'on en retranche 0,″2 pour les perturbations planétaires, il restera 50,″074. L'auteur des Tables du soleil a supposé 50,″1 en nombre rond, d'autres astronomes 50″075; tout cela s'accorde autant qu'on le peut desirer. Cependant M. Mathieu ne s'en est pas encore tenu là. MM. Biot et Arago à Formentera avaient employé les élongations de la polaire à vérifier leur latitude. M. Mathieu s'est servi de ce même moyen. Par un milieu entre les élongations orientales et occidentales, il n'a trouvé que 0,″4 à retrancher de la latitude obtenue par les passages au méridien. On pourrait donc supposer $48^h.50'.13''.0$ pour la hauteur du pôle à la face méridionale, par une espèce de milieu, mais en se tenant un peu plus près des passages.

Une inégalité de 4,″95 entre les élongations orientales et occidentales, lui a fourni le moyen de corriger l'ascension droite de la polaire, dont l'erreur agit en sens contraire dans les deux élongations. L'effet de cette erreur doit donc disparaître dans la somme, mais il est double dans la différence des deux élongations. Pour satisfaire à tout, il faut supposer que l'ascension droite moyenne de la polaire était $0^h.55'.5''.5$ le 1er janvier 1812. C'est ainsi que, par les seules observations des distances zénithales, M. Mathieu a vérifié la hauteur du pôle, la déclinaison de l'étoile, et fait à l'ascention droite de l'étoile une correction qui paraîtra légère si l'on considère la lenteur avec laquelle cette étoile traverse les fils de la lunette méridienne.

La latitude ainsi constatée, on pouvait avec plus de confiance chercher la déclinaison solsticiale du soleil; l'excès de l'obliquité

calculée par les tables sur celle qui résulte du solstice d'hiver de.....1811 est +0″.86

au solstice d'été de.....1812 —0 .04

au solstice d'hiver de....1812 +1 .95

au solstice d'été de.....1813 +0 .11

De l'été à l'hiver la différence est de 1,″34; elle ne peut venir que des réfractions qui sont plus grandes et moins certaines en hiver qu'en été; l'obliquité qui se conclut des solstices d'été, surpasse celle des tables de la moitié de cette différence. On voit que la table des réfractions du bureau des longitudes accorde les solstices entre eux beaucoup mieux que les autres tables, puisque des astronomes célèbres ont trouvé jusqu'à 8 et 10″ de différence entre l'hiver et l'été. M. Delambre, dans les douze solstices qu'il a observés, n'a jamais trouvé plus de 4″, même avec les tables de Bradley. La table de réfractions qu'il s'était faite pour accorder tous les solstices, et qui l'avait forcé à réduire la hauteur du pôle à 13″ pour l'observatoire de Paris, ne diffère de la table du bureau des longitudes, depuis le zénith jusqu'à 80°, que de quantités presque insensibles et qui tiennent principalement au facteur thermométrique.

Les solstices nouveaux sont au nombre de quatre : en supposant que l'avantage du cercle de Reichenbach sur celui de Borda, de dimensions plus petites, soit comme 3 est à 1, il conviendrait de prendre le milieu entre les deux déterminations, ce qui réduirait presque à rien la différence entre les tables et l'observation directe. Mais, quoi qu'il en soit, on voit toujours que la hauteur du pôle, l'obliquité, et même les réfractions, sont connues aussi-bien qu'on puisse l'espérer, et qu'il ne reste plus que des différences si légères, qu'on peut à volonté les attribuer soit aux observations, soit aux théories, ou les partager également entre les unes et les autres.

Ces observations du soleil offrent encore un accord très-satis-

faisant, un peu moindre cependant que celui des étoiles. En 1811, quoique le temps fût très-peu favorable, l'écart entre les valeurs extrêmes ne va qu'une seule fois à 3″.8; en juin 1812, il ne va qu'une fois à 2″; en décembre 1812, le temps était si mauvais que l'écart a été jusqu'à 4″. 6; enfin en juin 1813, il n'était que 2″. 7.

Rapport sur une Horloge planétaire de M. Gérardot. — *Rapport sur les Révolutions des Corps célestes par le mécanisme des rouages, par M.* Janvier.

La première de ces machines étonnera, si l'on considère que son auteur n'avait en mécanique et en astronomie que les connaissances qu'il a pu se faire de lui-même, et sans autre secours qu'un livre du genre le plus élémentaire. Les machines de M. Janvier sont ce que la science, jointe aux talens d'un artiste consommé pouvait produire de plus parfait.

Opérations trigonométriques exécutées en Hollande par M. le général Krayenhoff.

Grand travail géographique exécuté avec tous les soins et toute la précision qu'on apporte dans la mesure des degrés.

Sur la trigonométrie sphéroïdique, par M. Puissant.

Extrait d'un ouvrage qui va bientôt paraître, et qui complétera deux traités que l'auteur a déja donnés sur la Géodésie.

Sur un système de formules analytiques par M. Binet. — *Sur les fonctions symétriques, par M.* Cauchy. — *Sur les moyens de déterminer le nombre et les signes des racines réelles des équations algébriques,* par le même.

Ces mémoires dont ce n'est pas ici le lieu de donner un ex-

trait, ont été approuvés par l'Académie, et paraîtront parmi ceux des savans étrangers.

Mémoire relatif à la réalité et aux signes des racines des équations, par M. DU BOURGUET.

Ce Mémoire a été approuvé, et l'auteur invité à simplifier quelques-unes des considérations dont il fait usage, et à les appliquer à des degrés plus élevés.

Mémoire de M. DUVILLARD *sur la théorie de la population.*

Destiné à paraître dans le recueil des savans étrangers.

Sur les moulins mis en mouvement par la réaction de l'eau, et sur une machine hydraulique, par M. MANOURY D'ECTOT.

Ces moulins, par leur simplicité et leur effet utile, ont paru mériter d'être souvent préférés aux moulins ordinaires. Pour la machine, l'Académie a pensé, comme les Commissaires, que par son extrême simplicité, elle doit être mise au rang des conceptions les plus intéressantes pour les arts.

Sur la courbure des surfaces, IV^{e} *et V*^{e} *Mémoires, par M.* DUPIN. — *Sur des expériences pour reconnaître la force, la flexibilité et l'élasticité des bois*, par le même.

Ces deux premiers Mémoires ont été jugés dignes de paraître parmi ceux des savans étrangers; le troisième, que l'auteur n'a pas été encore à portée de compléter, a cependant mérité les éloges et les encouragemens de l'Académie. L'auteur, capitaine au premier corps du génie maritime, associé étranger de l'Institut royal de Naples, a offert à l'Académie un ouvrage imprimé sous

le titre : *Développemens de Géométrie*, avec des applications à la stabilité des vaisseaux, aux déblais et remblais, au défilement, à l'optique, dont le manuscrit avait obtenu en 1812 l'approbation de l'Académie des Sciences, et dont nous avons parlé dans notre analyse de cette année.

ANNÉE 1814.

Mémoire sur la Probabilité des témoignages, par M. le comte LAPLACE.

Cet ouvrage, lu à l'Académie le 8 août 1814, n'a point été destiné par l'auteur à faire partie de la collection de nos Mémoires ; il était composé pour compléter un traité général qui a paru en novembre dernier, sous ce titre : *Théorie analytique des Probabilités*, et dans lequel M. le comte Laplace a rassemblé dans l'ordre le plus naturel, et souvent avec des augmentations considérables, tout ce qu'il a écrit en divers temps sur ce sujet, dont il s'était occupé avec succès dès son entrée dans la carrière mathématique. Dans ce chapitre, entièrement nouveau, qu'il a consacré aux *témoignages*, et qui fait le dernier de la nouvelle édition, l'auteur considère successivement un seul témoin ou un nombre indéfini de témoignages simultanés ou successifs. Il en évalue les probabilités et la loi suivant laquelle elles décroissent; il applique sa théorie aux jugemens rendus, soit en première instance, soit par les tribunaux d'appel. Dans un autre chapitre, qui porte le titre d'*additions*, on trouvera une nouvelle démonstration de l'expression du rapport de la circonférence au diamètre en produits infinis, données par Wallis, et des dé-

monstrations rigoureuses et directes de quelques formules qui, dans le cours de l'ouvrage, n'avaient été établies que par voie d'induction.

Comète de 1786, *par M.* Burckhardt.

M. Burckhardt a communiqué de nouveaux calculs *de la comète de* 1786. Cette comète n'a pu être observée que deux fois, ce qui, comme on sait, ne suffit pas pour déterminer une orbite. Pour remplacer la troisième observation, M. Burckhardt fait les suppositions les plus probables pour les distances de la comète à la terre. Ces diverses hypothèses le conduisent à quatre orbites dont les différences sont assez médiocres pour qu'on puisse espérer qu'elles serviront un jour à reconnaître la comète, au cas qu'elle revienne. L'auteur de ce Mémoire, qui a une grande habitude de ces calculs, regardés généralement comme très-pénibles, et qu'il a plus que personne l'art d'abréger, cherche à tirer tout le parti possible de cette facilité. Il ne veut rien laisser perdre et tâche de suppléer à ce qui nous manque. Dans cette vue, il a examiné quelle était la plus grande distance qu'on pût supposer entre la terre et la comète. Il a trouvé qu'elle ne passait pas 0,942. Alors, à la vérité, les élémens éprouveraient des variations assez notables, mais ce cas extrême, est par-là même très-peu vraisemblable. Au reste, son digne confrère, M. Buache, entrant dans ses vues, et le secondant avec un zèle égal, va compulser les journaux des navigateurs à cette époque. On y trouvera peut-être une troisième observation qui, sans avoir besoin d'être extrêmement précise, suffirait du moins pour resserrer dans des limites beaucoup plus étroites, l'incertitude que doivent faire craindre deux observations, séparées seulement par un intervalle de deux jours.

Nouvelles Tables du mouvement parabolique des Comètes, par le même.

Nous avons déja des tables paraboliques de quatre formes différentes; celles de Hallei, de Lacaille, de Barker et de Saron, qui peuvent, du moins les trois dernières, réclamer la préférence selon les méthodes qu'on emploie à la détermination de l'orbite inconnue. M. Burckhardt, qui s'est créé pour ce genre de calcul des méthodes expéditives dont il a fait un fréquent usage, vient de donner à la Table générale une forme plus appropriée à ces mêmes méthodes et qui doit encore abréger les calculs.

M. Mongez, membre de la Classe d'histoire et de littérature anciennes, a présenté à celle des sciences une arme antique trouvée dans les levées de la Somme, et qui est formée d'un silex enchâssé dans un manche de bois de cerf.

M. Barbier du Bocage, membre de la même Classe, a lu un Mémoire de M. le Comte Andréossi sur le Bosphore de Thrace, où l'on trouve une longue suite de recherches sur l'état actuel du littoral, qui doivent fournir des renseignemens précieux pour juger les divers systèmes proposés par les savans, sur l'état ancien des différentes mers qui composent aujourd'hui la Méditerranée. C'est tout ce qu'il nous est possible de dire en ce moment d'un ouvrage qui ne nous est encore connu que par une simple lecture.

M. Rochon, qui a fourni aux Astronomes un moyen plus précis pour évaluer les diamètres des petites planètes, a entretenu l'Académie de ses idées pour étendre cette mesure aux diamètres du soleil et de la lune.

D'un cadran trouvé à Délos, et par occasion de la gnomonique des anciens, par M. le chevalier DELAMBRE.

Ce cadran, trouvé à Délos parmi les débris du temple d'Apollon, a été apporté à Paris par M. Mauduit fils, architecte au service de S. M. l'Empereur de Russie, et déposé au cabinet des Antiques. Il est tracé sur un bloc de marbre blanc, de forme circulaire, sensiblement arrondi vers les bords, mais plan dans sa surface supérieure, où l'on voit six lignes horaires terminées de part et d'autre par deux arcs hyperboliques qui doivent être les arcs du Cancer et du Capricorne, ou peut-être deux autres parallèles encore plus éloignés de l'équateur.

L'équinoxiale est une ligne droite qui traverse toutes les lignes horaires, en formant avec l'horizontale un angle de 59°.

Le gnomon, ou style droit dont l'extrémité supérieure marquait les heures par son ombre, n'existe plus; on voit seulement sur l'horizontale un trou rond dont le diamètre est de 4 lignes $\frac{3}{10}$. L'équinoxiale, qui devrait passer par le centre de ce trou, passe un peu à droite, à la distance de $\frac{8}{10}$ de ligne, ce qui peut indiquer une déclinaison de quelques degrés.

L'horizontale devrait aussi passer par le centre du trou; elle passe $\frac{1}{4}$ de ligne plus haut, ce qui indiquerait une légère inclinaison, si ce n'était pas un léger défaut de construction.

On est obligé de supposer que le centre du trou était un point de l'axe du gnomon, c'est-à-dire ce qu'on appelle ordinairement le pied du style Cela dépend, au reste, de la forme du gnomon, qui pouvait n'être pas parfaitement perpendiculaire au plan, ou bien se terminer, comme celui d'un cadran publié par Lambécius, par un cône dont l'axe pouvait différer un peu de l'axe du gnomon cylindrique. La déclinaison dans ce cas deviendrait tout-à-fait incertaine. Quant à l'inclinaison, elle

est si peu de chose, qu'on peut la négliger sans le moindre inconvénient.

On ne voit sur le marbre aucun signe, aucune lettre, aucun chiffre, ce qui peut paraître singulier, quoiqu'on en ait plusieurs exemples, car on sait que les Grecs marquaient les lignes horaires des lettres de leur alphabet, qui leur servaient aussi de chiffres; mais le cadran n'ayant en tout que six lignes horaires presque parallèles et toujours suffisamment espacées, un simple coup-d'œil faisait distinguer sans aucune ambiguité le nombre d'heures écoulées depuis le lever du soleil.

A défaut de ces renseignemens, ce qu'on peut supposer de plus simple et de plus naturel, c'est que l'horizontale indiquant en toute saison l'heure du lever ou l'heure *zéro*, la ligne suivante marquait une heure après le lever, la seconde deux heures, et ainsi de suite, jusqu'à la cinquième, qui montrait la cinquième heure depuis le lever, c'est-à-dire, une heure avant midi; car le cadran est oriental à fort peu près, et il cessait d'être éclairé quelques minutes avant la sixième heure, c'est-à-dire avant midi.

A la forme et à la disposition de ces lignes, qui toutes sont des droites presque parallèles à l'horizontale, on voit que les heures étaient *temporaires*, c'est-à-dire variant de longueur selon la saison, et formant toujours des douzièmes de la durée du jour, quelle que pût être cette durée.

Les lignes horaires sont des droites; on y remarque cependant une espèce de brisure à l'équinoxiale, en sorte que chaque ligne horaire, au lieu de former une droite unique, est l'assemblage de deux lignes droites qui font entre elles un angle peu différent de 180°. Ce qui provient sans doute de ce que l'équinoxiale, ainsi que les deux courbes des signes ayant été décrites par points, ces points n'auront pas été placés assez exactement; et cela se conçoit d'autant mieux, que les anciens, si l'on en juge

d'après Ptolémée, n'avaient pour ces constructions que des opérations graphiques, qu'ils exécutaient avec la règle et le compas, à l'aide de l'analemme, et qui ne pouvaient le plus souvent donner qu'une précision assez médiocre.

Montucla dit, en parlant des heures *temporaires* antiques, qu'elles sont courbes et d'une forme assez bizarre; de sorte qu'on ne peut les décrire qu'en déterminant plusieurs points de chacune. Il y a quelque chose d'exagéré dans cette assertion. La forme de ces lignes est si peu bizarre qu'il est bien difficile de les distinguer de lignes parfaitement droites. La différence ne peut devenir sensible qu'à de très-hautes latitudes, pour lesquelles jamais les Grecs n'ont pu faire de cadrans des heures temporaires.

Montucla nous dit encore qu'on ne sait presque rien de la gnomonique des anciens; il parle fort succinctement du traité de l'*Analemme* de Ptolémée. S'il avait lu cet ouvrage, il y aurait vu un traité complet, du moins pour ce qui concerne les six cadrans réguliers; c'est-à-dire l'équinoxial, l'horizontal, le vertical du midi et celui du nord, enfin l'oriental et l'occidental qui sont tracés sur des murs exactement placés dans le plan du méridien.

Le cadran ayant été trouvé à Délos, il était naturel de supposer une latitude de 37 à 38°, et c'est en effet par où nous avions commencé, malgré l'angle de l'équinoxiale qui ne laisse que quelques minutes d'incertitude sur la hauteur du pôle de 31°.

Nous avons ensuite essayé de choisir les données parmi les ombres les plus longues; l'erreur qui disparaissait dans une partie du cadran, se reproduisait dans une autre. Il demeura constant que, dans toutes les hypothèses, le cadran présentait des parties incohérentes, tant qu'on supposait que les deux hyperboles sont les arcs solsticiaux. En abandonnant cette idée, bien naturelle à la vérité, mais que rien ne démontre absolument,

on fait disparaître les plus grandes difficultés; il ne reste entre le calcul et le cadran que les différences qu'on peut admettre comme de légers défauts de construction.

Mais pourquoi ce cadran trouvé à Délos suppose-t-il une latitude, qui est celle d'Alexandrie, trop faible de 6° au moins? On peut dire qu'Alexandrie ayant été long-temps le chef-lieu de l'astronomie, il pouvait s'y trouver des artistes en possession de fabriquer un grand nombre de cadrans, et qu'un de ces cadrans avait été porté à Délos par quelque amateur qui peut-être ne soupçonnait pas l'effet d'un changement de 6° sur la latitude. Les Romains ne se sont-ils pas servis pendant quatre-vingt-dix-neuf ans d'un cadran qu'ils avaient enlevé de Catane en Sicile? Enfin ce cadran ne peut-il pas avoir été transporté d'Alexandrie à Délos, comme il vient de l'être de Délos à Paris, par un amateur qui n'aura voulu que se rendre possesseur d'un monument d'une industrie étrangère?

Ce qui paraît changer ce soupçon en certitude, c'est la déclinaison de 4° à 5° que suppose évidemment la construction du cadran et l'inégale distance des deux hyperboles. Il est donc probable qu'il a été construit pour être enchâssé à Alexandrie même ou dans le voisinage, dans un mur qui n'était pas exactement dans le plan du méridien. S'il eût été destiné à être transporté, il serait régulier; on l'eût fait méridional plutôt qu'oriental; il marquerait les douze heures du jour, au lieu de n'en montrer que la moitié.

Concluons que ce cadran était d'une forme connue des anciens puisque la construction pouvait s'en déduire avec facilité des méthodes exposées par Ptolémée, étendues probablement par ses successeurs. Si les cabinets d'antiquités, si les livres des savans ne nous offrent aucun cadran pareil, on ne peut s'en prendre qu'au hasard qui n'en aura conservé aucun de cette espèce. Les principes en sont bien connus. S'ils ont été long-

temps en oubli, c'est qu'on ne lisait pas le livre qui en expose la théorie. Ils ont été ressuscités par les gnomonistes modernes; on trouve des cadrans tout semblables dans les ouvrages de Kirker et de Clavius; il est vrai qu'ils les ont construits par des méthodes un peu différentes, quoique fondées de même sur les propriétés de l'analemme.

Ce cadran pourrait donc avoir de 16 à 1800 ans d'antiquité; mais les a-t-il en effet? C'est ce dont il est impossible de répondre. Puisqu'il marquait les heures temporaires, il est au moins d'une époque où ces heures étaient encore en usage. Or nous voyons par Albategnius, que les Arabes s'en servaient à la fin du neuvième siècle. Ce cadran pourrait donc être un ouvrage des Arabes aussi-bien que des Grecs. Cependant on voit dans les gnomoniques arabes des pratiques dont on ne trouve aucun vestige dans celle des Grecs, et qui tenaient sans doute aux idées religieuses des Mahométans.

Ces cadrans qui marquaient les heures temporaires, pourraient avec facilité devenir propres à montrer aussi les heures équinoxiales. On a déja un point de chaque heure sur l'équinoxiale, qui est divisée de la même manière dans les deux systèmes. Pour avoir un autre point de chaque ligne horaire, il suffirait de marquer sur le cadran la projection du pôle, qui est le centre auquel vont aboutir les lignes des heures égales. Si le centre est hors du plan, comme dans le cadran de Délos, on a du moins la position de la sous-stylaire; il suffit de couper cette ligne par une parallèle à l'équinoxiale à une distance arbitraire et de diviser cette parallèle proportionnellement à sa distance au centre.

On a demandé ce qui pouvait avoir engagé les anciens à préférer ces heures inégales, qui varient sans cesse de durée, et qui, presque jamais, ne sont les mêmes pour le jour et pour la nuit. On peut répondre que c'est le défaut absolu de machine propre à diviser le temps d'une manière uniforme, l'ignorance totale

des règles de la gnomonique et de la trigonométrie. Si les premiers cadrans sont venus d'Asie, comme il est vraisemblable, on peut dire que la différence des heures temporaires aux heures vraies, a pu être ignorée d'abord, ou du moins qu'elle a paru d'assez peu d'importance pour être long-temps négligée par des peuples qui n'observaient que des levers et des couchers, ou de simples passages au méridien, qui en tout temps partagent le jour en deux moitiés sensiblement égales. Un Chaldéen plus ingénieux aura imaginé de mesurer les heures temporaires par la marche du soleil dans un hémisphère concave, il aura divisé en douze parties égales la route de l'ombre dans les saisons opposées, et il aura obtenu, sans beaucoup de peine et de science, une mesure passable, dont on se sera contenté faute de pouvoir s'en procurer une qui fût uniforme, et qui pût convenir en tout temps aux heures de la nuit comme à celle du jour.

Ce n'est pas qu'il fût bien difficile de passer des heures temporaires aux heures égales. Cette mesure se trouvait dans les divisions de l'équateur du cadran de Bérose. Il suffisait donc de faire passer par ces divisions des arcs de grand cercle qui se seraient entre-coupés aux deux pôles; on aurait vu tout aussitôt que les petits cercles se trouvaient divisés en parties égales, que l'arc de l'équateur parcouru par l'ombre était un demi-cercle, que l'un des tropiques avait plus de 180 degrés et l'autre moins, en sorte que les deux arcs formaient ensemble un cercle entier; on eût continué sur l'arc d'été les divisions de 15 en 15 degrés, jusqu'aux points du lever et du coucher, et l'on aurait eu le cadran des heures égales. On n'y songea que tard, et l'usage primitif aura subsisté long-temps encore après qu'on en eut reconnu l'inexactitude et les inconvéniens. Il est douteux que les Chaldéens aient jamais eu la théorie mathématique de leur cadran hémisphérique, quoique cette théorie soit de la plus grande simplicité.

Au moment où nous venions de livrer cet article à l'impression, nous avons été avertis que les Antiquités d'Athènes, par Stuart, nouvellement traduites en français, *Paris, Firmin Didot*, 1808, renferment un monument de gnomonique bien plus important, plus curieux, et sur-tout plus complet. Nous avions lu dans la dissertation de Martini, (p. 60), que Le Roi, dans ses Ruines des monumens de la Grèce (p. 15), avait décrit un cadran qu'il avait vu à Athènes, près de la maison de Thrasyllus. Martini ajoute que ce cadran est tout semblable à celui de Bérose; il dit enfin que la figure qu'en a donnée Le Roi est fort incomplète; en sorte qu'il ne nous était pas venu à la pensée de consulter l'ouvrage de Le Roi; et que de cette remarque même de Martini nous avions conclu qu'Athènes n'offrait plus rien en ce genre qui dût exciter la curiosité. Sur l'avis de M. Visconti, nous nous sommes empressés de consulter l'ouvrage de Stuart. On y trouve la description très-détaillée d'un monument connu sous le nom de *Tour des Vents;* c'est un octogone régulier, sur les faces duquel sont représentés les huit vents principaux, au-dessous desquels se voient huit cadrans différens, quatre réguliers, et quatre déclinans de 45, 135, 225 et 315°. Les cadrans réguliers sont les verticaux du midi, du nord, de l'est et de l'ouest; les quatre autres sont pour les expositions intermédiaires.

Vitruve, qui a décrit cette tour des vents au chapitre VI de son premier livre, ne dit pas un mot de ces huit cadrans; et ce qu'il y a de singulier, c'est qu'à l'endroit de son ouvrage où il parle de tous les cadrans connus, il garde le même silence sur les huit cadrans d'Athènes, quoique plus importans à tous égards que ceux dont il nomme les inventeurs. On serait, ce semble, en droit de conclure de ce silence que ces cadrans ont été ajoutés après coup, et qu'ils seraient par conséquent d'une date postérieur au temps de Vitruve, et sur-tout au temps d'Andronicus Cyrrhestès, auteur du monument.

Stuart, qui se fait lui-même cette objection, tâche d'y répondre par un passage de Varron, qui, parlant de cette tour, la désigne par les mots de *Tour de l'horloge*. Cette réponse, qui n'est rien moins que péremptoire, le devient encore bien moins par les efforts que fait Stuart pour prouver que la tour renfermait une horloge d'eau, dont les vestiges existent encore dans des conduits qu'il a décrits avec soin, et dont il a donné les figures dans deux de ses planches.

Si la tour renfermait une clepsydre, Varron a pu la nommer Tour de l'horloge ; il l'eût nommée Tour des horloges, si outre cette clepsydre elle eût offert huit autres horloges ou cadrans solaires.

Cette particularité curieuse pour l'histoire de la gnomonique était une chose assez remarquable pour Varron et pour Vitruve, et l'on ne conçoit guères plus l'expression incomplète de l'un que la réticence absolue de l'autre.

Les auteurs du Dictionnaire historique, en parlant de l'architecte Andronicus, ne disent rien du temps où il a vécu. Ceux de la Biographie universelle, disent qu'*on juge par le style déja corrompu de l'architecture de ce monument, et par la médiocrité des bas-reliefs, qu'il est postérieur au temps de Périclès.*

Du temps de Périclès et d'Anaxagore, la science gnomonique était trop peu avancée chez les Grecs, pour qu'on eût tracé à Athènes ces huit cadrans. Les historiens en auraient parlé comme du premier gnomon établi par Anaximandre à Lacédémone. Il y avait loin encore de ce gnomon, qui, peut-être, ne donnait que le midi, aux cadrans déclinans de diverses figures que nous offre la tour des vents. Il paraît donc très-probable qu'Andronicus, ou l'auteur des huit cadrans, quel qu'il soit, vivait assez long-temps après Périclès, mort l'an 429 avant notre ère. Rien ne s'oppose à ce qu'on le suppose contemporain d'Hipparque, et alors les cadrans d'Athènes ne supposeront rien qui ne pût être connu par

les ouvrages des anciens mathématiciens dont Ptolémée a exposé et complété la doctrine dans son livre de l'analemme. S'il n'y a pas de preuve contraire, j'inclinerais fort pour l'opinion qui leur assignerait pour date l'une des premières années de notre ère. La question pourrait bien être de nature à n'être jamais résolue. Ce qui est certain, ou du moins très-probable, c'est que ces cadrans supposent une gnomonique, et par conséquent une trigonométrie, à moins qu'on ne dise qu'ils ont été tracés empiriquement, à l'aide de l'hémisphère concave de Bérose.

Ces cadrans sont d'une forme pareille à ceux qu'on trouve dans le Commentaire de Commandin, sur l'analemme. La théorie en est parfaitement connue; il restait à savoir avec quelle précision ils ont été tracés.

Par-tout le style manque; on voit seulement dans le marbre les trous où il était enfoncé; mais le sommet du style était rarement dans l'axe de ces trous, pas même dans les cadrans réguliers, qui sont ici au nombre de quatre. Mais la hauteur du style et le lieu du pied ne sont pas des données indispensables; on peut les tirer de quelques-unes des dimensions du cadran. L'auteur a eu soin de marquer sur ses planches les longueurs d'un assez grand nombre de ces lignes, mais le choix qu'il a fait n'est pas toujours suffisant. Il est rarement le plus commode qu'on pût faire pour le calculateur; on peut douter quelquefois que les chiffres aient été transcrits ou gravés avec l'exactitude nécessaire.

Malgré ces difficultés, nous nous sommes convaincus que le cadran du midi était d'une exactitude remarquable. La hauteur du style devait être de dix pouces et demi anglais. Cette valeur a été vérifiée directement de six manières différentes; on peut dire même par l'ensemble et tous les détails de ce cadran. Les heures sont temporaires et ne sont point numérotées.

Le cadran boréal n'est que le supplément du premier; il est sur la même échelle, et il avait le même style. On n'y voit que

deux lignes du soir et deux du matin; ou plutôt, ces lignes, qui partent du pied du style, indiquent plus véritablement la direction des ombres pour ces divers instans. Deux de ces quatre lignes sont trop longues, parce qu'au lieu de l'arc hyperbolique qui devait les terminer, on s'est contenté de tracer une ligne droite. Ces légers défauts ne sont que d'une médiocre importance.

Le cadran de l'est n'est pas moins exact que celui du midi; il est assez étroit, quoiqu'on ait donné au style une longueur de 19 $\frac{1}{2}$ pouces anglais, c'est-à-dire, presque double. Cette longueur a été vérifiée par nombre d'épreuves particulières et par tout l'ensemble du cadran.

Le cadran de l'Eurus ou du sud-ouest offre le même accord dans toutes ses parties. La hauteur du style devait être de 25 $\frac{1}{2}$ pouces. L'inclinaison de l'équinoxiale avec l'horizontale est de 42° 40′, telle que la donne le calcul.

Le cadran de Cæcias ou du nord-est ne paraît pas avoir été tracé avec autant de soin ou du moins de succès. Le style n'est que de 6 $\frac{1}{2}$ pouces; les lignes horaires, qui sont au nombre de trois seulement, sont très-obliques. La moindre erreur dans l'opération graphique pouvait altérer sensiblement les longueurs, et ces considérations excusent l'artiste. D'ailleurs, ce cadran est le moins important de tous; on n'y voit rien qu'on ne pût obtenir avec beaucoup plus de sûreté par les cadrans voisins.

Les trois autres cadrans, ceux du sud-ouest, de l'ouest et du nord-ouest, n'auraient offert que la contre-épreuve des cadrans opposés; l'auteur ne les a point figurés dans ses planches. En général, il est un peu économe des renseignemens sur ces cadrans, qui l'intéressaient moins que ce qui concerne l'architecture; mais il a fait tout ce qu'on pouvait exiger en nous donnant les figures exactes des cinq cadrans qui offraient quelque chose de particulier. Ces cadrans ne nous apprennent réellement rien que nous n'eussions pu conclure aussi-bien du cadran de Délos;

mais ils sont beaucoup plus grands, mieux exécutés; ils sont en place, et à tous ces égards, ils forment le monument le plus curieux que nous connaissions de la gnomonique pratique des anciens. (Voyez notre *Histoire de l'Astronomie ancienne*, tome II).

OUVRAGES IMPRIMÉS.

Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 *et* 1804, *par Al. de Humboldt, et A. Bonpland; rédigé par Al. de Humboldt; avec deux atlas qui renferment, l'un, les vues des Cordillères et les monumens des peuples indigènes de l'Amérique; et l'autre, des cartes géographiques et physiques.* Tome I^er^. Paris, F. Schoell, 1814.

Cette première partie de la relation historique d'un voyage unique en son genre, en ce qu'il intéresse également le naturaliste, le physicien, l'historien, l'antiquaire, le géographe et l'astronome, était attendu avec d'autant plus d'impatience, qu'on la savait prête depuis long-temps, et retardée seulement par des circonstances étrangères à l'ouvrage ainsi qu'à l'auteur.

L'introduction rappelle le but que M. de Humboldt s'était proposé dans ses courses, et présente en un tableau rapide l'ensemble des collections et des observations qu'il en a rapportées, les soins qu'il a pris pour en assurer le transport, les obstacles qu'il a rencontrés, et les titres des différentes parties qui composeront la collection entière.

Le premier livre contient le départ d'Espagne, le séjour aux Canaries, l'excursion au pic de Ténériffe, l'observation singulière d'un lever du soleil observé à plus de 1800 toises de hauteur, et dont la durée apparente a été de 8′ 1″, au lieu de 2′ 4″, la description du cratère et de la vue magnifique dont on jouit au sommet de la montagne. Le voyageur discute les différens moyens employés avant lui pour déterminer la hauteur du pic, donne

l'histoire des éruptions du volcan, en examine les produits, qu'il compare à ceux des volcans les plus célèbres qu'il a eu occasion de visiter; il se livre à des recherches historiques sur les Guanches, il examine ce qui reste de leur langue.

Dans la traversée des Canaries à la côte de l'Amérique méridionale, après quelques remarques sur les vents alizés, il décrit les avantages et les inconvéniens des différentes routes qu'on peut prendre pour ce trajet; continuellement il rectifie l'estime des pilotes par les moyens astronomiques, et il leur annonce la terre dont ils se croyaient encore éloignés de deux ou trois jours de navigation. La terre se montre, le capitaine la prend pour la Trinité; les observations indiquaient Tabago, le capitaine est forcé de confesser son erreur. Après ces faits, qui prouveraient au besoin l'utilité désormais reconnue des méthodes astronomiques, on trouve des observations aussi nombreuses qu'intéressantes sur la température de l'air et celle de la mer, sur la couleur du ciel et de l'Océan, sur l'inclinaison de l'aiguille aimantée, et l'intensité des forces magnétiques sur la pureté de l'air, et sa charge électrique.

Le livre II commence par une description de Cumana et de ses environs. Les fréquens tremblemens de terre auxquels cette côte est sujette, amènent des remarques extrêmement intéressantes sur ces terribles phénomènes. Le chapitre V, le dernier du volume, est consacré aux salines d'Araya, à la côte des Perles, et aux ruines du château Saint-Jacques.

La partie de l'atlas qui est jointe à cette livraison, se compose de cinq planches parfaitement exécutées, qui représentent la limite inférieure des neiges perpétuelles à différentes latitudes, le cours de l'Océan, et la province de Varinas; le cours du Rio-Meta, et la partie orientale des montagnes de la nouvelle Grenade; enfin le tableau géologique du singulier volcan de Jorullo, qui sortit de terre au mois de septembre 1759, entouré de plusieurs milliers de cônes volcaniques de quelques toises de hauteur.

Tables des diviseurs pour tous les nombres du deuxième million, par M. BURKHARDT.

Nous avons déja parlé de cet ouvrage, qui a paru le 1^er^ janvier 1814. Nous nous empressons d'annoncer que les troisième et quatrième millions sont sous presse.

Traité du calcul différentiel et intégral, par M. LACROIX, *seconde édition, revue et augmentée, tome second. Volume de près de 850 pages. Paris, M^me^ veuve Courcier.*

L'auteur, dans un court avertissement, rend compte des motifs qui l'ont porté à s'écarter en quelques points du plan qu'il avait indiqué dans le discours préliminaire de son premier volume. Il lui a semblé que la théorie générale des conditions d'intégrabilité devait suivre immédiatement les méthodes relatives à l'intégration des fonctions d'une seule variable, puisque c'est à cette intégration que se réduit celle des fonctions différentielles quelconques, lorsqu'elles satisfont aux conditions d'intégrabilité. Dans ce qui concerne les équations différentielles partielles, il a fait quelques transpositions assez considérables, afin d'éviter un double emploi et faire mieux ressortir les propriétés et la liaison des divers procédés proposés par les grands géomètres de notre temps, pour traiter ce genre d'équations. Par cette nouvelle disposition, par ses remarques sur les intégrales, auxquelles cette édition ajoute de nouveaux développemens, il s'est proposé de jeter quelque lumière sur un sujet qui n'avait pas encor été suffisamment éclairci; il s'attache à bien montrer le point de la difficulté.

Le calcul des variations est traité avec toute l'étendue que réclamaient l'importance et la singularité de la méthode; pour en bien faire saisir l'esprit, il devenait indispensable d'exposer les principales tentatives qu'on a faites pour la lier aux principes du

calcul différentiel. C'est ce que l'auteur a exécuté dans son dernier chapitre, où la méthode des variations est d'ailleurs présentée dans toute la généralité et la simplicité que lui donnent les premiers signes employés par M. Lagrange, et la considération des infiniment petits.

Essai philosophique sur les probabilités, par M. le comte LAPLACE, *volume in-4° de 96 pages. Paris, M^me^ veuve Courcier.*

M. Laplace, après avoir, dans un premier ouvrage, traité ce sujet intéressant et difficile, en mathématicien consommé, et l'avoir singulièrement enrichi par des méthodes neuves, plus générales et plus fécondes que celles des grands géomètres qui l'avaient pris pour objet de leurs méditations, l'envisage ici sous un point de vue purement philosophique. Sans le secours de l'analyse, c'est-à-dire sans rien supposer à son lecteur que la connaissance du calcul numérique et les premières notions du calcul littéral, il expose les principes et les résultats généraux de cette théorie. Il la fait naître des suppositions les plus simples, combinées de manière à n'exiger que le degré d'attention dont est capable tout homme qui a l'habitude de réfléchir; il en applique ensuite les principes aux questions les plus importantes de la vie, qui ne sont en effet, pour la plupart, que des problèmes de probabilité. Il traite successivement de l'*espérance*; des *jeux*; *des inégalités inconnues qui peuvent exister entre des chances que l'on suppose égales*; des *lois de la probabilité qui résulte de la multiplication indéfinie des événemens*; du *calcul des probabilités appliqué à la recherche des événemens et de leurs causes*; des *milieux qu'il faut choisir entre les résultats d'un grand nombre d'observations*; des *tables de mortalité, et des durées moyennes de la vie*; des *mariages et des associations quelconques*; des *bénéfices dépendans de la probabilité des événemens*; des *choix et des décisions des assemblées*; des *illusions dans l'estimation des probabilités*; des *divers moyens d'approcher de la certitude*.

L'ouvrage est terminé par une *Notice historique sur le calcul des probabilités*, où les tentatives et les decouvertes des géomètres qui se sont exercés sur le même sujet, sont rapportées et appréciées avec une grande impartialité. Personne n'avait plus de droits que M. le comte Laplace à entreprendre cette Notice, ni plus d'intérêt à ce qu'elle fût bien faite.

Astronomie théorique et pratique, par M. DELAMBRE ; 3 *vol. in-4°, Paris, M^me^ veuve Courcier*, 1814.

Nous avons annoncé l'abrégé de cet ouvrage qui a paru en 1813, en 1 vol. in-8° ; nous avons dit que le plan des deux traités est le même ; il nous reste à indiquer ce que les bornes du volume ont fait supprimer dans l'abrégé. Ce qui distingue le traité complet, c'est en général une plus grande variété de questions, de solutions et de formules ; plus de détails sur la construction, l'usage et les vérifications des instrumens ; ainsi, à l'article de la Trigonométrie sphérique, on trouvera nombre de formules exprimant les relations entre cinq ou six parties d'un même triangle, l'analyse des différentes méthodes en usage pour la résolution des triangles, une collection plus complète et plus méthodique d'expressions différentielles, enfin un triangle d'épreuve calculé dans le plus grand détail, et qui peut servir à vérifier toutes les formules imaginables. A l'article de la Gnomonique, outre des formules nouvelles pour la description des lignes horaires et des arcs des signes, on verra toute la gnomonique plane réduite à une formule unique, qui n'a qu'une variable linéaire, qui même n'affecte que l'un des deux termes dont elle est composée. A l'article des Réfractions, une solution synthétique du problème du plus court crépuscule, beaucoup plus complète et sur-tout plus facile que toutes celles qu'on a tirées du calcul différentiel. Le chapitre du mouvement diurne offre des solutions, la plupart nouvelles, des problèmes les plus utiles; celui des hauteurs cor-

respondantes est terminé par des tables de correction d'une forme nouvelle, suivies de remarques utiles sur l'usage des tables logarithmiques qu'on voudrait substituer aux tables calculées en nombres naturels. A l'occasion du mouvement elliptique de la terre, on trouvera la comparaison des différentes hypothèses imaginées pour rendre raison des inégalités du soleil, de nouvelles solutions du problème de Képler, un grand nombre de formules elliptiques, et toutes celles de M. Gauss, autrement démontrées et ramenées à une notation qu'on a tâché de rendre plus claire. Toutes ces formules sont éclaircies par des exemples numériques, attention qu'on a eu pareillement pour les parallaxes, les éclipses, et pour tout ce qui concerne les planètes et les comètes. A l'article des Tables du soleil, on verra les moyens employés pour les dernières tables, les réductions qu'on applique aux observations faites au cercle répétiteur, la manière d'observer un équinoxe et un solstice, avec des tables pour faciliter toutes ces opérations. La théorie des éclipses est exposée de plusieurs manières en partie nouvelles, qui ont encore l'avantage d'être plus faciles et plus générales; l'application en a été faite à l'éclipse de 1764, dont elle a servi à déterminer les courbes d'entrée et de sortie.

Au chapitre des Planètes, on montre comment, par les moyens les plus simples, on obtient la première approximation d'une orbite tout-à-fait inconnue, et comment on peut ensuite perfectionner cette première ébauche. Les passages de Mercure et de Vénus sont traités d'une manière tout-à-fait nouvelle, qui mène par une voie plus directe et plus sûre à la connaissance des parallaxes. A l'article de la Rotation, on a réuni jusqu'à sept solutions diverses de ce problème, et pour exemple on a pris onze observations d'une même tache du soleil. La théorie de l'anneau de Saturne, qui termine ce chapitre, offre les moyens les plus exacts et les plus simples, soit pour prédire les phénomènes,

soit pour déterminer les élémens d'après les observations. Le chapitre des Comètes est très-étendu ; les formules connues y sont présentées de manière à servir avec une facilité presque égale pour la parabole et pour l'ellipse. On y expose les moyens propres à faciliter la construction et assurer l'exactitude des tables générales. On donne des exemples calculés suivant les méthodes les plus accréditées; on en expose une qui se recommande par les avantages suivans : elle n'emploie que les calculs les plus familiers à l'astronome ; les longitudes et les latitudes observées sont, comme dans toutes les autres méthodes, les données primitives, mais elles n'entrent que dans les premiers calculs, la suite n'emploie que les lieux héliocentriques, et les élémens trouvés peuvent se perfectionner sur la totalité des observations, par des équations de condition pareilles à-peu-près à celles des planètes; les calculs se font à mesure que les observations se succèdent, et l'astronome qui a découvert une comète, peut le jour même de la troisième observation en annoncer lui-même les élémens. Ce chapitre est terminé par un grand catalogue des orbites de toutes les comètes observées jusqu'aujourd'hui, et par deux tables générales des mouvemens paraboliques de forme différente, suivant qu'on prend pour donnée l'anomalie ou les jours depuis le périhélie. Au chapitre sur la Mesure de la terre, on trouvera de nouveaux calculs sur les irrégularités de l'arc du méridien, mesuré en France et en Espagne. Dans le chapitre sur l'Astronomie nautique, on a multiplié les solutions des problèmes les plus importans, et l'ouvrage finit par un chapitre sur le Calendrier, où nous croyons devoir indiquer un défaut de rédaction, qui peut, en quelques circonstances assez rares, altérer de sept jours le résultat du calcul. Il s'agit de formules données par M. Gauss, pour trouver le jour de Pâques pour une année quelconque des calendriers Julien et Grégorien. Nous nous contentons d'avertir ici que les formules ne sont pas complètes ; nous les reprodui-

rons ailleurs avec plus d'exactitude, et nous y joindrons des formules nouvelles encore plus expéditives, et qui font connaître en outre la lettre dominicale, le nombre d'or et l'épacte de l'année. *Voyez* la Connaissance des temps de 1817, p. 307.

Exercices de Calcul intégral. Quatrième partie, par M le chevalier LEGENDRE.

Cette nouvelle partie est divisée en deux sections : dans la première, M. Legendre a complété la Théorie qu'il avait exposée dans la seconde partie de ses *exercices;* il s'est attaché sur-tout à développer, avec toute l'étendue nécessaire, les propriétés d'une fonction qui est le lien mutuel d'une multitude de transcendantes, et la source de laquelle découlent toutes les formules qui concernent la comparaison de ces transcendantes, leur réduction et leur évaluation. L'auteur a déjà pu se convaincre qu'il ne s'était point abusé quand il espérait que cette théorie, considérée sous un nouveau point de vue, et augmentée d'un grand nombre de formules nouvelles, pourrait fixer l'attention des Géomètres, et qu'ils y verraient une nouvelle branche d'analyse, amenée à-peu-près au point de perfection dont elle est susceptible.

Pour étendre davantage les applications de cette théorie, il a inséré à la suite de la première section, une table plus étendue que celle qui terminait la seconde partie. La précision des nouveaux logarithmes est poussée jusqu'à la douzième décimale, afin que le chiffre du dernier ordre ne soit jamais en erreur que d'une seule unité ou deux au plus. Ce travail a donné l'occasion de rectifier et de porter à une étendue à-peu-près double, la table qu'Euler avait donnée dans son Calcul différentiel, pour les sommes des puissances réciproques des nombres naturels.

On trouvera dans la seconde section différentes recherches qui font suite à la troisième partie. On y verra la démonstration

d'un grand nombre de formules, ou tout-à-fait nouvelles, ou d'une découverte récente. Parmi ces dernières se trouvent plusieurs intégrales définies, données par M. Bidone, dans les Mémoires de Turin. L'auteur y a fait entrer aussi quelques vues nouvelles sur la sommation de différentes suites et sur les formules qui servent à trouver la somme d'une suite dont le terme général est donné.

On sent qu'il est impossible que nous nous étendions davantage sur un ouvrage de pure analyse et presque entièrement composé de formules. Voyez d'ailleurs ce que nous avons dit des premières parties dans les notices des années précédentes; mais nous saisirons cette occasion pour rectifier un passage de celle de 1810.

En rendant compte (1810. p. VIII) du second Mémoire sur les *transcendantes elliptiques*, nous avons désigné par le mot *Loxodromique* une espèce de spirale qu'y considérait M. Legendre, et dont l'une des propriétés est d'être le plus court chemin entre deux points situés sous deux méridiens et deux parallèles différens. Cette acception du mot loxodromique n'est pas celle des navigateurs et des géomètres; mais elle nous avait paru plus conforme à l'étymologie du mot qui indique une *route oblique*; il n'y a de route droite ou orthogonale que celle qui se ferait dans le sens d'un méridien ou d'un parallèle. Dans le premier cas, on couperait à angles droits tous les parallèles, et dans le second tous les méridiens. Toute autre route traverserait les uns et les autres sous des angles presque toujours obliques. La spirale, considérée par M. Legendre, avait été analysée déja par M. Duséjour, qui avait donné la formule de l'angle variable, et remarqué de plus que cette courbe traversait l'équateur en des points différens à chaque demi-révolution qu'elle fait autour du sphéroïde; c'est d'après cette propriété singulière, autant que par la variation continuelle de l'angle, qu'elle nous avait paru

mériter, plus qu'aucune autre, la dénomination de *Loxodromique*. La loxodromie des marins au contraire, fait un angle constant avec tous les méridiens qu'elle traverse, et elle n'est pas le chemin le plus court entre deux points donnés. Voilà donc deux différences très-marquées entre les deux courbes; il importe de ne pas les confondre. Au reste, le danger n'est pas fréquent, puisque l'une ne s'emploie que dans la navigation, et l'autre qu'en géodésie, en sorte que la différence des problèmes indique assez le choix des formules. Pour la *Loxodromique* des marins, *voyez* le chapitre XXXVI de notre Traité d'astronomie.

Præcipuarum stellarum inerrantium positiones mediæ ineunte sæculo XIX ex observationibus habitis in speculâ Panormitanâ ab anno 1792, *ad annum* 1813. *Panormi* 1814, *ex regia Typographiâ militari.*

Ce nouvel ouvrage de M. Piazzi est dédié à l'Institut de France, dont l'auteur est un des plus anciens correspondans. Pour cette nouvelle édition, où le nombre des étoiles est de 7646, sans compter celles dont les positions n'ont pu recevoir encore le dernier degré de précision, M. Piazzi n'a voulu rien adopter qu'il n'eût vérifié par lui-même; c'est par la comparaison directe avec le soleil qu'il a déterminé les ascensions droites des étoiles fondamentales. Les autres ont été déduites à l'ordinaire par les différences de passage au méridien, observées un grand nombre de fois, et dont on a pris le résultat moyen, en regrettant que les bornes du volume et les circonstances peu favorables aient forcé de supprimer toutes ces comparaisons et les observations mêmes sur lesquelles elles sont fondées. Les déclinaisons supposent les réfractions moyennes du livre V, de l'ouvrage sur l'observatoire de Palerme, la latitude 38° 6′ 41″ et une précession totale de 50″ 388, ce qui laisse 50″ 2066 pour la précession en longitude.

Les mouvemens annuels comprennent les mouvemens propres, toutes les fois qu'il a été possible de trouver dans les anciens catalogues des positions assez sûres.

Les notes qui accompagnent ce catalogue offrent beaucoup de remarques curieuses sur les étoiles dont les mouvemens n'avaient pas encore été remarqués, ou dont l'éclat paraît augmenter ou diminuer progressivement.

Cet extrait, que nous sommes obligés d'abréger, suffira cependant pour montrer combien ce nouveau catalogue sera précieux aux astronomes qui déja faisaient un usage continuel de la première édition.

MÉMOIRES APPROUVÉS PAR L'ACADÉMIE.

Mémoire relatif à l'intégration des équations aux différences partielles, par M. Ampère. Commissaires, MM. Legendre, Arago, et Poisson rapporteur.

L'auteur expose d'abord des considérations générales qui conviennent aux équations de tous les ordres et qu'il applique ensuite spécialement à celles du premier et du second ordre. Dans cette matière, dont les géomètres connaissent toute la difficulté et toute l'importance, de semblables considérations ne sont pas sans utilité, et peuvent servir à éclaircir quelques points de théorie, lors même qu'elles ne conduisent point à une nouvelle méthode d'intégration. Ce Mémoire, dont il est impossible de donner ici l'analyse, renferme, dit le rapporteur, des vues nouvelles et intéressantes sur le calcul aux différences partielles, et la conclusion du rapport est que l'on doit engager l'auteur à continuer ce genre de recherches, et à les lier à quelques-unes des applications de l'analyse à la mécanique et à la physique.

Mémoire sur l'intégration des équations aux différences partielles, par M. AMPÈRE. Commissaires, MM. Arago et Poisson rapporteur.

L'auteur considère une classe d'équations aux différences partielles du second ordre à trois variables; savoir, les équations linéaires par rapport aux plus hautes différences. La plus générale de cette classe renferme quatre termes, dont trois sont multipliés par des différences secondes, et la quatrième en est indépendante. Les coëfficiens de ces quatre termes sont d'ailleurs des fonctions quelconques des trois variables et des deux différences premières. M. Ampère se propose de transformer cette équation en une autre qui ne contienne plus qu'une seule différence seconde, et il y parvient. Il faut pour cela, dans le cas considéré par M. Ampère, changer à-la-fois les trois variables; et le choix de l'inconnue, qu'il faut prendre pour la nouvelle variable principale, fait la difficulté du problème. Il rapporte dans son Mémoire différens exemples d'équations, qui deviennent ainsi tout-à-fait linéaires au moyen de sa transformation, et par suite intégrables par les méthodes connues. Ainsi conclut le rapporteur; quoique cette transformation ne soit pas toujours praticable, elle donne cependant une extension réelle aux moyens d'intégration connus jusqu'ici, elle peut être souvent utile et contribuer au progrès de cette partie de la science. En conséquence, le Mémoire a été trouvé digne d'entrer dans la collection de ceux qui ont été approuvés par l'Académie.

Mémoire sur les Intégrales définies, par M. CAUCHY, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Commissaires, MM. Lacroix, et Legendre rapporteur.

Dans l'impossibilité où nous sommes de donner ici l'analyse de cet ouvrage, nous nous bornerons à rapporter les conclu-

sions, qui sont assez étendues pour nous dispenser d'un extrait en forme.

Nous n'examinerons pas si les nouvelles méthodes de M. Cauchy sont plus simples que celles qui étaient déja connues; si l'application en est plus facile, et si elles peuvent conduire à quelque résultat que ne pourraient donner les méthodes connues; car quand même on répondrait négativement à ces différentes questions, il n'en resterait pas moins à l'auteur le mérite,

1° D'avoir construit, par une marche uniforme, une suite de formules générales propres à transformer les intégrales définies et à en faciliter la détermination.

2° D'avoir remarqué le premier qu'une intégrale double, prise entre des lignes données pour chaque variable, n'offre pas toujours le même résultat dans les deux manières d'effectuer les intégrations;

3° D'avoir déterminé la cause de cette différence, et d'en avoir donné la mesure exacte au moyen des *intégrales singulières* dont l'idée appartient à l'auteur, et qui peuvent être regardées comme une découverte en analyse;

4° D'avoir donné par ses méthodes de nouvelles formules intégrales fort remarquables, qui peuvent bien se déduire des méthodes connues, mais auxquelles personne n'était encore parvenu.

Il nous paraît par tous ces motifs, que M. Cauchy a donné, dans ses recherches sur les intégrales définies, une nouvelle preuve de la sagacité qu'il a montrée dans plusieurs de ses autres productions. Nous pensons donc que son Mémoire est digne de l'approbation de l'Académie, et d'être imprimé dans le recueil des savans étrangers.

Mémoire de M. JACQUES BINET, *qui traite de l'Expression analytique de l'élasticité et de la roideur des courbes à double courbure.* M. *Prony*, rapporteur.

Après une introduction purement géométrique, contenant des formules en partie nouvelles, relatives aux polygones dont les côtés ne sont pas dans le même plan, et aux courbes à double courbure, l'auteur passant aux problèmes d'équilibre qui constituent l'objet spécial de son travail, fait successivement entrer en considération l'action des forces sur un polygone de l'espèce de ceux dont nous venons de parler, et sur une courbe à double courbure, établissant sur l'un et l'autre systèmes une théorie applicable, soit au cas de la roideur, soit à celui de l'élasticité.

La nature de ces recherches nous met dans l'impossibilité d'analyser le Mémoire entier; nous serons même obligés d'abréger les observations des commissaires. Nous dirons seulement avec eux que M. Binet a le mérite d'avoir fait entrer *explicitement* et complètement dans son analyse tous les élémens de la question qu'il a traitée. Nous disons *explicitement*, pour distinguer la marche qu'il a suivie, de celle que prescrit la belle méthode des indéterminées de Lagrange. M. Binet combine dès l'abord, avec les forces extérieures, celles qu'il appelle *internes*, lesquelles représentent les effets des trois élasticités d'une courbe élastique, ou les différens efforts qui tendent à changer la forme d'une courbe roide. De cette manière, on sait d'avance et on ne perd jamais de vue la signification des signes qui représentent chaque quantité. La fonction qui remplit cette quantité dans le système est toujours connue sans équivoque.

Cependant, par cette manière de procéder, il faut qu'on se rende compte préliminairement de tous les phénomènes auxquels le jeu combiné des forces et des résistances peut donner

lieu, ce qui n'est pas toujours facile; au lieu que la méthode des indéterminées, qui n'exige que la connaissance des conditions auxquelles la composition du système est assujétie, est ce qu'on pourrait appeler un instrument général et d'un usage toujours sûr qui conduit l'analyste, par le simple mécanisme du calcul, à la découverte de ces quantités représentatives des différens effets supportés par le système.... Mais si la méthode de Lagrange dispense, à l'égard de ces indéterminées, d'un travail d'esprit préliminaire, d'une autre part elle exige des considérations souvent délicates pour leur interprétation, lorsqu'on a les équations qui les renferment. D'après cette circonstance, il peut arriver par-fois que l'interprétation dont nous parlons soit négligée ou omise, ce qui rend les solutions incomplètes. Le problème de l'équilibre de la courbe, soit rigide, soit élastique, en fournit un exemple..... Lagrange arrive à trois équations absolument identiques à celles de M. Binet; ces équations renferment trois indéterminées qui doivent se rapporter à l'extensibilité, la flexibilité et la torsion. Mais cette interprétation ne se trouve pas dans la *mécanique analytique*, et elle a dû en général échapper à ceux qui ont lu cet ouvrage. Le rapporteur pense même que Lagrange ne s'est pas occupé du rôle que jouent dans ce système ces trois indéterminées, considérées sous le point de vue de la mécanique; car il n'a pas dit que les deux dernières fourniraient des forces infinies, l'une du premier, l'autre du second ordre; circonstance qui aurait dû lui paraître singulière, si elle ne lui eût échappé. M. Binet déduit très-simplement ces valeurs de son analyse, et résout très-clairement l'espèce de paradoxe qu'elles présentent; en sorte qu'il ne laisse rien à desirer sur la valeur, la signification et les fonctions de ces quantités. Si on ajoute à ces considérations celle de l'indétermination remarquable des forces internes, qu'il a le premier, d'après ce que

nous connaissons, mise en évidence en traitant de l'équilibre du polygone, on en conclura qu'il a eu raison d'annoncer que ses recherches pouvaient servir d'explication et de supplément à plusieurs chapitres de la *mécanique analytique*. En général, son travail, où l'analyse est maniée avec beaucoup d'habileté, et qui est précédée d'une introduction géométrique qui serait elle-même un Mémoire intéressant, doit confirmer et même augmenter la bonne opinion qu'on s'est formée de son mérite scientifique, d'après les différens ouvrages qu'il a précédemment soumis au jugement de l'Académie.

En conséquence de ce rapport, l'Académie, en donnant des éloges à ce Mémoire, a arrêté qu'il entrerait dans son recueil, parmi ceux des savans étrangers.

Mémoire relatif à la stabilité des corps flottans; par M. CHARLES DUPIN, Capitaine au premier corps du Génie maritime.

Cette matière, traitée par Euler et Bouguer, paraissait épuisée. M. Dupin, en employant une méthode qui n'était pas connue du temps de ces deux illustres géomètres, est conduit à de nouveaux résultats. La manière dont il envisage son sujet lui fait trouver d'abord tous les théorèmes déja connus, et ensuite beaucoup d'autres théorèmes qui sont nouveaux. Nous citerons le suivant, qui est à-la-fois simple et remarquable : *Suivant que la position d'équilibre est stable ou non stable, la distance du centre de gravité de ce corps au centre de sa carène, est un* minimum *ou un* maximum *par rapport à toutes les positions voisines que peut prendre le corps flottant;* et cet autre, *que Les directions de plus grande et de moindre stabilité d'un corps flottant quelconque se croisent toujours à angles droits.* La conclusion du rapport est que le nouvel ouvrage de M. Dupin confirme les espérances que ce jeune savant a déja données par ses premiers travaux, et

qu'ainsi l'on ne peut qu'applaudir à ses efforts constans pour en diriger les résultats vers la pratique du grand art auquel il s'est voué.

Petite machine pour moudre le blé, à l'usage des armées; par M. CAGNIARD LATOUR.

Les conclusions adoptées sont, que la machine est bonne, qu'elle peut être utile dans les villes ou citadelles assiégées, dans les ménages des particuliers en temps de disette, ou quand les moulins sont arrêtés par les glaces et dans les momens où les bras ne sont pas occupés.

Édition grecque, latine et française, des quinze livres des Élémens et du livre des données d'Euclide; par M. PEYRARD. Commissaires, MM. Prony, et Delambre, rapporteur.

L'Académie avait déja donné son approbation à une traduction complète des œuvres qui nous restent d'Euclide. M. Peyrard, auteur de ce travail, avait comparé les vingt-trois manuscrits grecs qui sont à la bibliothèque du Roi. Il était résulté de cette comparaison, qu'aucun de ces manuscrits n'est entièrement conforme à l'édition d'Oxford; que cette édition, qui passe pour la meilleure, et qui est sans contredit la plus belle, n'est pourtant, quant au texte grec, qu'une copie de l'édition de Bâle, dont elle a reproduit jusqu'aux fautes les plus palpables; que la plupart des manuscrits offrent des variantes qui remplissent quelques lacunes, ou éclaircissent quelques passages de ces deux éditions principales; qu'en général cependant tous ces manuscrits diffèrent peu les uns des autres, et diffèrent beaucoup d'un manuscrit plus ancien, portant le n° 190, qui provient de la bibliothèque du Vatican, d'où il fut envoyé en France par M. Monge. Le texte y paraît plus pur, plus clair, moins prolixe, et par-là

même plus intelligible. C'est à ce manuscrit que M. Peyrard s'est principalement attaché, c'est celui qu'il a le plus souvent suivi dans l'édition du texte grec, qu'il a joint à ses traductions latine et française.

Sur la demande de S. Exc. le ministre de l'intérieur, l'Académie a nommé une commission chargée d'examiner la fidélité de la traduction, et le mérite des variantes nombreuses que M. Peyrard a fait entrer dans le texte ou rejetées à la fin de l'ouvrage. Une autre commission de l'Académie d'histoire et de littérature anciennes avait été en même temps invitée par le ministre à considérer la nouvelle traduction sous les rapports du style et de l'exécution. Les rapporteurs des deux Académies, après plusieurs conférences, se sont trouvés de même avis sur l'utilité de la nouvelle édition. L'Académie des sciences a entendu et approuvé un long rapport, où l'édition de M. Peyrard avait été examinée dans le plus grand détail, et dont la conclusion est que cette édition est évidemment supérieure à toutes celles que l'on connaît, et que l'auteur a fait tout ce qui a dépendu de lui pour la rendre digne de paraître sous les auspices du Roi, à qui elle est dédiée.

Mémoire de M. Puissant *sur le Calcul des Différences de Niveau dans le Sphéroïde; Commissaires, MM.* Burckhardt, *et* Delambre *rapporteur.*

M. Puissant, occupé d'un traité complet de trigonométrie à l'usage de la géodésie, a été conduit à traiter plusieurs questions déja résolues; il arrive à tous les résultats connus, mais il y parvient par des moyens qui lui sont propres; en reproduisant des formules qui se trouvent déja dans la base du système métrique, il y remarque une légère inadvertance, qui porte à la vérité sur des quantités si petites, qu'on les néglige ordinairement; mais c'est toujours une chose utile que de rectifier les formules jusque dans leurs plus petits détails, et de relever des

erreurs qui pourraient être adoptées de confiance par tous ceux qui s'occuperont plus de la pratique que de la théorie.

Mémoire sur une nouvelle manière analytique pour déterminer les effets de l'Aberration dans la position des Astres; par M. Puissant. Mêmes commissaires.

Ici, comme dans le Mémoire précédent, l'auteur, en suivant les routes qu'il connaît si bien, arrive encore à toutes les formules connues, soit pour les étoiles, soit pour les planètes et les comètes. Il avait d'abord tout démontré par des procédés purement analytiques; mais depuis, en faisant usage de quelques idées dont il indique la source, et nomme l'auteur, il a su abréger ses démonstrations, sans en changer le caractère.

Ces deux Mémoires, approuvés par l'Académie, feront partie du traité de trigonométrie que promet M. Puissant.

Détermination des Distances angulaires vraies et apparentes des Centres des deux Astres soumis à l'influence des Parallaxes; par M. Henry; *commissaires, MM.* Arago, *et* Delambre *rapporteur.*

Nous venons de voir les procédés analytiques substitués aux notions de la géométrie élémentaire dans la démonstration des formules les plus usuelles de l'astronomie. Par une marche inverse, nous voyons ici la trigonométrie sphérique mise à la place de l'analyse pure, pour démontrer les formules par lesquelles M. Lagrange résolvait le problème des éclipses de soleil, d'étoiles ou de planètes. Considérée théoriquement, la méthode de M. Lagrange avait obtenu les suffrages des astronomes, comme ceux des géomètres; mais, dans la pratique, on s'était aperçu bientôt que ces formules si belles et si générales étaient assez incommodes par cette généralité même. Pour résoudre un problème

si fort au-dessus de ses moyens, l'astronome le divise en plusieurs autres qui n'offrent pas la même difficulté. Il s'attache à multiplier les données naturelles; par le calcul de l'angle horaire ou du nonagésime, il détermine les parallaxes et les lieux apparens des deux astres rapportés à l'équateur ou à l'écliptique; c'est alors seulement qu'il cherche la distance apparente, et il l'obtient par deux formules linéaires qui sont de l'espèce la plus simple, ainsi que toutes celles par lesquelles il a passé successivement. M. Lagrange, au contraire, attaque de front la difficulté, et, sans rien supposer que ce qu'il tire directement des tables astronomiques, il exprime la tangente de la distance apparente des centres; mais cette expression est embarrassée de radicaux; les quantités sous le signe y représentent des valeurs très-longues et très-compliquées. En vain l'auteur épuise toutes les ressources de son art et de son génie, pour effacer de ses formules tous les termes dont l'absence ne changera presque rien au degré de précision. Vainement a-t-il imaginé des tables d'une construction ingénieuse destinées à diminuer la longueur des évaluations; ces tables mêmes et ces artifices de calculs sont un aveu tacite que le problème surpasse les forces de l'analyse, et une imitation déguisée des pratiques des astronomes. Ces tables, en effet, sont des formules de parallaxes, desquelles le nonagésime et sa hauteur se trouvent éliminés, ce qui ne fait qu'en rendre l'usage plus pénible. C'est ce travail si grand et si difficile que M. Henri vient de refaire par des moyens tout différens. M. Lagrange exprimait par des coordonnées rectangulaires les positions vraies et apparentes des deux astres et celles de l'observateur dans l'espace. M. Henri tire ces mêmes expressions de la trigonométrie, soit plane, soit sphérique; il retrouve ainsi toutes les formules de M. Lagrange; la solution n'a donc rien gagné du côté de la facilité. Pour l'abréger, il rétablit le nonagésime éliminé par M. Lagrange; sans prononcer le nom des pa-

rallaxes, il en introduit l'équivalent qu'il réduit en tables; mais, malgré tous ses efforts, il convient lui-même que la méthode est encore très-pénible. Il ne croit pas qu'aucun astronome de profession soit jamais tenté de lui donner la préférence. Mais si la méthode est longue et pénible, c'est au moins le seul défaut qu'on ait à lui reprocher; elle n'est ni moins précise, ni moins propre à donner exactement les différences de longitude entre deux lieux où la même éclipse aura été observée; et le nouveau jour sous lequel M. Henri vient de la présenter ne peut qu'augmenter le nombre des partisans qu'elle pourrait avoir, en augmentant le nombre des calculateurs qui peuvent l'apprécier. Les moyens employés par M. Henri méritent d'être généralement connus. Il se trouvera peut-être des occasions de les appliquer plus heureusement; et l'Académie a pensé, comme ses commissaires, qu'au moment où l'on imprime dans la connaissance des temps de 1817, le Mémoire original de M. Lagrange, dont il n'avait paru qu'une traduction allemande dans les éphémérides de Berlin, les astronomes verraient avec plaisir les mêmes formules démontrées d'une manière tout-à-fait différente, qui n'est ni moins rigoureuse, ni moins facile.

ANNÉE 1815.

Mémoire sur le Flux et le Reflux de la mer, par M. le comte LAPLACE.

LES phénomènes des marées ont de tout temps attiré l'attention des observateurs et celle des philosophes. Il était impossible, en effet, que des mouvemens si réguliers et si imposans échappassent aux habitans des côtes de l'Océan et à des navigateurs qui n'osaient se hasarder un peu loin de la terre. Les uns et les autres recueil-

lirent les circonstances des mouvemens alternatifs des eaux de la mer; les philosophes en étudièrent les causes : parmi les anciens, Posidonius paraît un de ceux qui se sont occupés de ce grand problème avec le plus de soin et de succès. Ses ouvrages sont perdus; mais les extraits qu'en ont donnés Pline et Strabon prouvent que ce philosophe connaissait assez exactement les phénomènes généraux, et qu'il en avait assigné les causes principales, quoiqu'il n'eût aucune idée de la manière dont ces causes agissaient. Ce que nous lisons à ce sujet dans Pline est, à fort peu de chose près, tout ce qui était possible à la sagacité humaine avant que Newton eût dévoilé la grande loi de l'univers. Strabon est un peu moins exact, un peu moins circonstancié; ce qui nous autoriserait à soupçonner que des recherches ultérieures, dont l'auteur est inconnu, avaient encore ajouté à ce qu'avaient pensé Posidonius et Athénodore. Quoi qu'il en soit, nous voyons dans Strabon que toutes les variations de hauteur et d'abaissement reviennent deux fois dans le cours d'une même journée, à fort peu près; que les instans des hautes et basses eaux sont variables, et dépendent du lever de la lune, de son coucher, et de ses deux passages au méridien. Il nous dit encore que les marées ne sont pas les mêmes dans toutes les saisons; mais il paraît croire, d'après Posidonius, qu'elles vont en diminuant du solstice à l'équinoxe, et en augmentant de l'équinoxe à l'autre solstice. Il distingue trois sortes de périodes; l'une diurne, l'autre mensuelle, et la troisième annuelle. Pline parle d'une période de cent mois lunaires; il avait quelque idée de l'effet des déclinaisons de la lune. Un certain Séleucus supposait une inégalité zodiacale, d'après laquelle les phénomènes étaient plus égaux vers les équinoxes, et plus inégaux vers les solstices; et cette inégalité se faisait sentir dans les hauteurs des eaux, comme dans la vîtesse avec laquelle la mer s'éloigne ou se rapproche de ses rivages. Strabon ajoute que, s'étant trouvé à Cadix

au temps du solstice, il n'avait rien vu d'extraordinaire dans la marée de la nouvelle lune, au lieu qu'à la pleine lune du même mois, il avait observé une différence considérable dans la hauteur des eaux et dans la manière dont elles entraient dans le Bœtis. Son récit offre des circonstances dans lesquelles il est permis de soupçonner beaucoup d'exagération ; mais il avoue lui-même qu'une observation isolée ne prouve rien, et qu'il est juste de s'en rapporter plutôt à ceux qui sont à portée de faire une étude suivie des phénomènes.

Mais, quoiqu'il eût ainsi fait sentir l'avantage d'une série long-temps prolongée d'observations ; quoiqu'on eût, pour mesurer les accroissemens et les décroissemens des eaux de la mer, l'exemple de ce qui se pratiquait en Egypte pour les crues du Nil ; quoique cet exemple ait été suivi en partie en Espagne, où l'on marquait sur le mur d'un quai les différentes hauteurs des marées, rien n'indique pourtant que ces observations aient été suivies régulièrement. Peut-être ne marquait-on que les marées extraordinaires ; mais, si on en a tenu des registres, ce qui est assez douteux, ces registres sont depuis long-temps perdus, comme les traités d'Eratosthène, de Posidonius, d'Athénodore, et de Séleucus.

Ce que n'ont probablement pas fait les anciens, ou ce qu'ils n'auraient exécuté que d'une manière moins complète, l'Académie des Sciences le demanda et l'obtint au commencement du dernier siècle. On fit choix du port de Brest, qui paraîtrait avoir été fait tout exprès pour ce genre d'observations. Les marées y sont considérables ; les irrégularités du mouvement ne parviennent que très-affaiblies au fond du port, où les hauteurs se mesurent. Ces observations embrassent un espace de six années : Lalande en publia la plus grande partie dans le quatrième volume de son *Astronomie ;* M. Laplace les calcula, suivant sa théorie, dans le quatrième livre de la *Mécanique céleste*, et ces calculs lui

donnèrent les constantes arbitraires relatives à ce port. Mais ces constantes demeurent-elles invariablement les mêmes, et ne pourraient-elles, à la longue, éprouver quelque altération, par les changemens que les opérations de la nature et de l'art ont pu produire au fond de la mer, dans le port, et sur les côtes adjacentes? C'est ce qu'il était utile d'examiner, et ce qui porta M. Laplace à prier le gouvernement d'ordonner à Brest une nouvelle suite d'observations pendant une période entière des mouvemens des nœuds de l'orbite lunaire. Cette nouvelle série date de l'année 1806; elle a été continuée jusqu'ici sans interruption, et M. Laplace, dans son Mémoire, indique quelques attentions qui en rendront la suite plus précise encore et plus concluante. Elle embrasse déja presque une demi-période de la révolution des nœuds; c'est plus qu'on n'avait fait il y a cent ans, et déja l'on peut établir une comparaison entre ces deux époques.

Dans chaque équinoxe et dans chaque solstice, M. Laplace a choisi les trois syzygies et les trois quadratures les plus voisines. La manière dont ces observations sont combinées fait disparaître les effets des variations dans les distances et dans les mouvemens du soleil et de la lune; elle fait également disparaître plusieurs inégalités, qui se détruisent mutuellement. Les sommes formées des excès de la haute mer sur la basse mer, sont uniquement dues à la grande inégalité; la loi de ces sommes se détermine par cette considération, que leur variation est à-peu-près proportionnelle au quarré de leur distance en temps au *maximum;* ce qui donne ce *maximum*, sa distance à la moyenne des heures des marées syzygies, et le coëfficient du quarré du temps dans la loi de variation. Chacune des huit années fournit une valeur particulière de ce coëfficient; l'accord entre toutes ces valeurs prouve la régularité des observations; et, d'après les lois établies par l'auteur sur la probabilité des résultats tirés d'un grand

nombre d'observations, on peut juger combien le résultat définitif approche de la vérité.

Dans les quadratures, la méthode de calcul est la même, à la réserve qu'on a dû restreindre à un plus petit intervalle la loi de variation proportionnelle au quarré du temps, par la raison qu'à partir du *minimum*, l'accroissement est plus rapide que n'est la diminution à partir du *maximum*.

Dans toutes ces comparaisons, l'influence des déclinaisons des astres sur les marées et sur la loi de leur variation dans les syzygies et les quadratures, se montre avec évidence. Ce point est un de ceux que les anciens ont moins bien connus. Pline en parle; mais il paraît confondre la déclinaison et la distance à la terre, et croire que celle-ci est moindre quand la déclinaison est australe: ce que Pline confond, parce qu'il n'avait aucune théorie, ni physique ni mathématique, M. Laplace le distingue soigneusement. Après avoir déterminé l'effet des déclinaisons par les marées dans lesquelles il devait être le plus sensible, il cherche l'effet des distances par dix-huit marées équinoxiales vers le périgée ou l'apogée de la lune. « C'est ainsi qu'en combinant les observations « de manière à faire ressortir chaque élément que l'on veut con- « naître, on parvient à démêler les lois des phénomènes, con- « fondues dans les recueils d'observations. » Cette règle, connue des astronomes, qui l'ont toujours suivie autant qu'ils l'ont pu, facilitée de nos jours par l'analyse, est devenue un des plus puissans moyens de l'astronomie moderne.

« Il résulte de cet examen que les hauteurs actuelles des marées, « dans le port de Brest, surpassent d'un quarante-cinquième « environ les hauteurs déterminées par les observations anciennes. « Une partie de cette différence peut venir de la distance des « points où ces observations ont été faites; une autre partie « peut être attribuée aux erreurs des observations : mais ces « deux causes ne me paraissent pas suffisantes pour produire

« la différence entière, qui indiquerait avec une grande proba-
« bilité un changement séculaire dans l'action du soleil et de la
« lune sur les marées à Brest, si l'on était bien assuré de l'exac-
« titude des graduations de l'ancienne échelle, en tenant compte
« de l'inclinaison à l'horizon ; mais l'incertitude où l'on est à
« cet égard ne permet pas de prononcer sur ce changement,
« qui doit à l'avenir fixer l'attention des observateurs. Du reste,
« on sera surpris de l'accord des observations anciennes et mo-
« dernes, entre elles et avec la théorie, par rapport aux variations
« des hauteurs des marées, dépendantes des déclinaisons et des
« distances des astres à la terre, et aux lois de leur accroisse-
« ment et de leur diminution, à mesure qu'elles s'éloignent de
« leur *maximum* et de leur *minimum*. Je n'avais point considéré
« dans la *Mécanique céleste* ces lois relativement aux variations
« des distances de la lune à la terre. Ici je les considère, et je
« trouve le même accord entre l'observation et la théorie. »

Pline rapporte que les marées les plus hautes et les plus basses n'arrivent pas précisément aux époques qu'il a mentionnées plus haut, mais un peu plus tard; il ajoute qu'elles suivent de deux heures équinoxiales les passages au méridien ; et la raison qu'il en donne, c'est que tous les effets produits par les astres exigent toujours un certain temps pour s'accomplir. Bernoulli attribuait ces retards à l'inertie des eaux, et peut-être aussi au temps que l'action de la lune emploie pour se transmettre à la terre : mais M. Laplace a prouvé qu'en ayant égard à l'inertie des eaux, les plus grandes marées coïncideraient avec les syzygies, si la mer recouvrait régulièrement la terre entière ; il a reconnu, par l'ensemble des phénomènes célestes, que l'attraction se transmet avec une vîtesse incomparablement supérieure à la vîtesse même de la lumière. La véritable cause du retard est la rapidité du mouvement de l'astre dans son orbite, combinée avec les circonstances locales du port. Mais ce qu'il y a de plus remarquable

dans cette explication, c'est que la même cause peut accroître le rapport qui existe entre les actions de la lune et du soleil sur la mer. Cette particularité pourrait bien ne paraître que paradoxale, si elle n'était appuyée sur un calcul rigoureux. Pour la reconnaître et l'établir plus sûrement par les observations, M. Laplace a imaginé une méthode dont nous ne pouvons donner qu'une idée générale; car, pour la bien comprendre, il faudrait avoir sous les yeux les formules et les calculs de l'auteur.

La formule qui exprime l'action du soleil est composée de deux termes. A l'équinoxe, la marée est la somme de ces deux termes; aux solstices, elle en est la différence. Les observations faites en ces deux points feront connaître le rapport des deux termes, et l'accroissement que produit la différence de leurs mouvemens. Cet accroissement est presque insensible pour le soleil, mais il est très-sensible pour la lune, dont le mouvement est treize fois plus rapide, et dont l'action sur la mer est trois fois plus grande.

En employant cette méthode dans sa *Mécanique céleste*, l'auteur avait trouvé que cet accroissement était d'un dixième au moins, et il remarquait qu'un élément aussi délicat, et un résultat aussi singulier, avaient besoin d'être déterminés par un plus grand nombre de comparaisons. Par les nouvelles observations, employées en nombre double, l'accroissement se trouve au-dessus d'un huitième. Une autre méthode, fondée sur la comparaison des marées vers l'apogée et le périgée de la lune, conduit encore à un résultat tout semblable; en sorte que M. Laplace ne craint pas d'assurer que l'accroissement de l'action des astres sur les marées dans le port de Brest, ne peut plus laisser aucun doute; mais la remarque est si importante, qu'il a cru devoir la fortifier par tous les moyens possibles. En attendant qu'une longue suite d'observations puisse constater encore mieux le fait, et donner la véritable mesure de l'accroissement, le seul moyen de devancer

les temps était d'appliquer à ce problème les formules générales de probabilité. D'après les calculs ci-dessus, l'accroissement serait égal à treize cent trente-cinq fois la dix-millième partie de l'action de la lune sur l'Océan. Ces formules montrent qu'il y a vingt-un mille quatre cents à parier contre un que les circonstances locales accroissent, dans le port de Brest, le rapport de l'action de la lune à celle du soleil; mais il n'y a que quatorze à parier contre un que la valeur trouvée n'est pas en erreur de sa moitié. Ainsi, en concluant, avec l'auteur, que l'accroissement est certain, on est aussi forcé de conclure avec lui qu'il faut attendre de nouvelles observations pour l'obtenir, avec une grande probabilité de ne se tromper que de quantités très-petites.

C'est le rapport des actions de la lune et du soleil sur la mer qui donne les coëfficiens de la nutation terrestre, de l'inégalité de la précession des équinoxes et de l'équation lunaire des mouvemens du soleil; mais on sent qu'il faut, avant tout, dégager ce rapport des effets des circonstances locales. Newton et Daniel Bernouilli n'ont pu tenir compte de cette correction, qu'ils ne soupçonnaient pas. En y ayant égard, M. Laplace a trouvé que la masse de la lune est égale à $\frac{1}{68.7}$ de celle de la terre, d'où résultent 9″.65 pour le coëfficient de la nutation. C'est précisément celui que trouvait Mayer par sa théorie, à laquelle il ajoutait que les observations n'étaient nullement contraires. On ne trouve que 9″.6 par les observations de Maskelyne; mais un vingtième de seconde est une quantité dont il est impossible de répondre jamais dans les observations, et très-souvent dans les calculs. Par ses formules de probabilité, M. Laplace trouve qu'il y a vingt-un mille quatre cents à parier contre un que la nutation n'est ni au-dessous de 9″.31 ni au-dessus de 9″.94; jamais les astronomes ne l'ont supposée au-dessous de 9″.0, jamais ils ne l'ont portée à 10″. Il s'ensuit encore que l'inégalité de précession en longitude est de 18″.04, et le coëfficient de

l'équation lunaire des tables du soleil de 7″.56; ce qui ne diffère que de six centièmes de seconde du coëfficient que nous avons trouvé par la discussion d'un très-grand nombre d'observations du soleil : mais, en lui assignant la valeur 7″.50, jamais nous n'avons pensé pouvoir répondre d'une différence aussi légère.

M. Laplace a supposé, dans ses calculs, la parallaxe moyenne du soleil égale à 8″.59, telle qu'il l'avait conclue de sa théorie lunaire, comparée de même à un très-grand nombre d'observations calculées par M. Burckhardt. M. Ferrer vient de confirmer cette parallaxe par une nouvelle discussion des passages de Vénus en 1769. Nous n'avions guères trouvé que 8″.56 pour cette parallaxe, conclue de ces mêmes passages; mais notre but était moins d'ajouter à la certitude avec laquelle on peut supposer cet élément connu pour le présent, que d'indiquer de nouvelles méthodes plus faciles pour ces calculs, qui seront toujours fort longs. Ainsi nous avions adopté sans discussion les longitudes et les latitudes des différentes stations; nous avions pris généralement un milieu entre les observations, souvent assez discordantes, qui avaient été faites à une même station par différens observateurs; au lieu que M. Ferrer a corrigé ces longitudes et ces latitudes d'après des observations nouvelles. La discussion des observations diverses l'aura conduit très-probablement à un choix différent de celui où nous étions arrêtés. On peut, dans ce choix, faire tomber la préférence sur les observations qui s'accordent le mieux avec les observations faites en d'autres lieux : on peut ainsi amener les résultats à présenter un plus grand accord. Nous avouerons très-volontiers que la probabilité doit être en faveur du résultat de M. Ferrer; mais la probabilité n'est pas encore la certitude. Les observations des passages sont difficiles parce qu'elles sont rares, que le mouvement est très-lent, et la hauteur le plus souvent très-petite; en sorte qu'elles ne sont sûres qu'à 20″ de temps près; on

n'a que 21′ de temps pour déterminer la parallaxe : elle ne serait donc pas sûre à un soixantième près, si l'on n'avait qu'une seule observation, où l'erreur eût été aussi grande qu'elle peut être ; mais le milieu entre un grand nombre d'observations peut diminuer l'erreur. On peut donc, avec une très-grande probabilité, affirmer que la parallaxe du soleil n'est ni au-dessous de 8″.50 ni au-dessus de 8″.70 ; mais qu'elle soit de 8″.56 ou 8″.60, c'est ce qu'il est impossible de décider d'après les passages. Il se peut qu'on arrive à plus de précision par une autre voie ; mais celle des passages sera toujours la plus directe, celle qui exigera moins de calcul : en revanche, elle exige de longs voyages, les occasions en sont rares. Ainsi chacune des méthodes a ses avantages et ses inconvéniens ; il n'en faut négliger aucune.

Application du calcul des probabilités à la philosophie naturelle, par le même.

« Quand on veut connaître les lois des phénomènes et atteindre « à une grande exactitude, on combine les observations de ma- « nière à faire ressortir les élémens inconnus, et l'on prend un « milieu entre elles.... On détermine, par la théorie des proba- « bilités, le résultat moyen le plus avantageux, ou celui qui « donne le moins de prise à l'erreur. Mais cela ne suffit pas ; « il est encore nécessaire d'apprécier la probabilité que l'erreur « de ce résultat est comprise dans des limites données : sans « cela, on n'a qu'une connaissance imparfaite du degré d'exac- « titude obtenu.... C'est une des choses que j'ai eu principale- « ment en vue dans ma *Théorie analytique des probabilités*, où « je suis parvenu à des formules ... qui ont l'avantage remar- « quable d'être indépendantes de la loi de probabilité des erreurs, « et de ne renfermer que des quantités données par les observa- « tions mêmes et par leurs expressions analytiques. »

Ici l'auteur fait de sa méthode un exposé lumineux et concis,

dont il ne serait pas possible de retrancher un seul mot, et pour lequel nous sommes obligés de renvoyer à la connaissance des temps de 1818, qui sera publiée avant cette notice. On y trouvera un grand nombre de formules utiles et curieuses, dont il nous est impossible d'enrichir notre extrait. Dans le Mémoire sur le flux et le reflux, on vient de voir une application de la méthode: le nouveau Mémoire en présente deux autres; l'une relative aux valeurs des masses de Jupiter, de Saturne, et d'Uranus; l'autre se rapporte à la loi de variation de la pesanteur. Par un travail immense sur les mouvemens de Jupiter et de Saturne, M. Bouvard a trouvé la masse de Saturne égale à la trois mille cinq cent douzième partie de celle du soleil : cette masse est la somme des masses de Saturne, de ses satellites, et de son anneau. D'après les formules de probabilité, M. Laplace a calculé qu'il y a onze mille à parier contre un que l'erreur de ce résultat n'est pas un centième de sa valeur; ou bien qu'après un siècle de nouvelles observations, ajoutées aux précédentes et discutées de la même manière, le nouveau résultat ne différera pas d'un centième de celui de M. Bouvard. Il trouve de même qu'il y a plusieurs milliards à parier contre un que ce résultat n'est pas en erreur d'un cinquantième. Newton avait trouvé cette masse égale à la trois mille douzième partie de celle du soleil; ce qui surpasse d'un sixième le résultat de M. Bouvard. Il y a des millions de milliards à parier contre un que le nombre de Newton est en erreur; et l'on n'en sera pas surpris, ajoute M. Laplace, si l'on considère l'extrême difficulté qu'on éprouve à observer les élongations des satellites de Saturne, qui ont servi de base au calcul de Newton. Les satellites de Jupiter offrent des difficultés beaucoup moins grandes, et l'on voit en effet que, pour la masse de cette planète, Newton est arrivé bien plus près, puisque la masse qu'il lui assigne est un mille soixante-septième. M. Bouvard l'a trouvée d'un mille soixante-onzième, par des observations

toutes différentes, qui donnent un million à parier contre un que son résultat n'est pas en erreur d'un centième de sa valeur, et neuf cents à parier contre un que l'erreur n'est pas d'un cent cinquantième.

M. Bouvard a cherché la masse d'Uranus par les effets qu'elle produit sur les mouvemens de Saturne. Il résulte de son travail que cette masse est la dix-sept mille neuf cent dix-huitième partie de celle du soleil. La difficulté d'observer les élongations des satellites d'Uranus est bien plus grande encore que celles des satellites de Saturne; ainsi l'on peut justement craindre une erreur considérable dans la masse, qui résulte des élongations observées par M. Herschel. Au reste, dans un nouveau Mémoire qui paraîtra dans les *Transactions philosophiques de* 1815, et qui contient des détails intéressans sur ces imperceptibles satellites, M. Herschel a fait divers changemens dans les nœuds, les inclinaisons et les périodes qu'il leur avait d'abord assignés; il peut en résulter quelque changement aussi dans la masse. Nous ignorons quelle est celle dont M. Laplace a parlé, et nous devons nous interdire tout calcul et toute explication jusqu'à ce que l'auteur ait lui-même publié l'ouvrage, dont il a bien voulu nous transmettre un exemplaire. Pour en revenir au résultat de M. Bouvard, il y a deux cent treize à parier contre un que l'erreur n'est pas d'un cinquième, et deux mille quatre cent cinquante-six à parier contre un qu'elle n'est pas d'un quart. On ne peut espérer une précision beaucoup plus grande que pour le temps où les observations se seront multipliées suffisamment, c'est-à-dire au bout d'un siècle ou environ.

Pour la seconde application de sa méthode, M. Laplace a choisi la loi de pesanteur et les expériences du pendule. Les observations qui lui ont paru mériter le plus de confiance sont au nombre de trente-sept, et s'étendent depuis 67° de latitude boréale jusqu'à 51° de latitude australe. La marche en est fort régulière : elles

laissent cependant à desirer une précision plus grande encore. La longueur du pendule isochrone qui en résulte suit, à-fort-peu-près, la loi de variation la plus simple, celle du quarré du sinus de la latitude : les deux hémisphères ne présentent point, à cet égard, de différence sensible, ou du moins qui ne puisse être attribuée aux erreurs des observations. Par une discussion approfondie de ces observations, M. Mathieu a trouvé que la longueur du pendule à secondes à l'équateur étant prise pour l'unité, le coëfficient du terme proportionnel au quarré du sinus de la latitude est de cinq cent cinquante-un cent millièmes. Les formules de probabilités appliquées à ces observations donnent deux mille cent vingt-sept à parier contre un que le vrai coëfficient est compris dans les limites de cinq millièmes et de six millièmes.

Si la terre est un ellipsoïde de révolution, le coëfficient cinq millièmes répond à l'aplatissement $\frac{1}{272}$. « Il y a quatre mille deux « cent cinquante-quatre à parier contre un que l'aplatissement « est moindre ; il y a des millions de milliards à parier que ce « coëfficient est moindre que celui qui répond à l'homogénéité « de la terre, et que les couches terrestres augmentent de densité « à mesure qu'elles approchent du centre. La grande régularité « de la pesanteur à sa surface prouve qu'elles sont disposées « symétriquement autour de ce point. Ces deux conditions, « suites nécessaires de l'état fluide, ne pourraient pas évidem- « ment subsister pour la terre, si elle n'avait point eu primiti- « vement cet état, qu'une chaleur excessive a pu seule donner « à la terre entière. »

Ici viennent les formules générales : l'auteur les dispose pour les cas particuliers où le nombre des inconnues est de deux, de trois, ou de quatre. Cette partie n'étant pas susceptible d'extrait, nous renverrons à la connaissance des temps de 1818, publiée par le bureau des longitudes.

Exercice du calcul intégral. Cinquième partie, par M. LEGENDRE.

Nous avons, dans les notices des années précédentes, rendu compte des premières parties de cet ouvrage. La cinquième, qui vient de paraître, nous laisse l'espoir qu'elle sera suivie de plusieurs autres, où l'auteur continuera de développer les conséquences des principes qu'il a posés, et d'ajouter au nombre d'équations dont l'intégrale sera possible. Les recherches que nous annonçons à nos lecteurs sont, pour la plupart, une continuation de celles qui sont l'objet de la troisième et de la quatrième parties; les unes sont relatives au développement des fonctions en séries; les autres roulent en général sur les moyens de faciliter et d'étendre les applications du calcul intégral, par l'évaluation exacte ou approchée de diverses sortes d'intégrales définies. Comme toutes les vérités mathématiques se tiennent, on ne sera pas surpris que l'auteur, dans sa marche, rencontre des théorèmes ou des formules déja connues, soit que la liaison intime qui les joint les ait amenées naturellement, soit que l'auteur, frappé de l'importance d'une proposition nouvelle, se soit détourné de sa route pour l'atteindre et l'attacher à sa théorie générale. C'est ainsi qu'on trouvera dans les paragraphes III, IV et V plusieurs formules dues à M. Poisson ou à M. Cauchy. Le VI^e^ traite de quelques transcendantes exprimées en fractions continues; on y trouve l'explication d'une erreur remarquée dans un résultat d'Euler; on y voit que les fractions continues ne doivent être employées qu'avec de grandes précautions, et qu'il faut s'assurer, dans chaque cas, que la quantité nécessairement omise dans le terme auquel on s'arrête n'influera pas sensiblement sur la valeur totale de la fraction; et l'auteur le termine par la remarque qu'il serait difficile de citer un exemple où l'usage des fractions continues, dans le calcul intégral, offri-

rait quelque avantage sur celui des suites qui en représentent la valeur terme à terme. Dans le VII^e^, on trouvera des théorêmes importans sur le retour des suites, des méthodes dont l'auteur montre l'accord avec une formule de Lagrange, et qui lui servent à démontrer des formules dues à M. Burmann. Le VIII^e^ fournit des moyens pour sommer un nombre donné de termes dans le développement de $(1+a)^n$. Le IX^e^ contient une extension remarquable donnée aux méthodes de Lagrange, pour développer en séries convergentes l'arc dont la tangente est donnée en fonction rationnelle des sinus et des cosinus d'un autre arc indéfini. On y verra que cette sorte de résolution peut toujours avoir lieu quels que soient les coëfficiens de la fonction donnée, et de plus, qu'on peut déduire de ces développemens quelques théorêmes remarquables sur les intégrales définies. Les paragraphes X et XI ont pour objet les développemens d'expressions plus compliquées; il en est de même du XII^e^, où l'auteur s'occupe d'une espèce particulière de transcendantes, qui jouissent de plusieurs belles propriétés, et qui ont de nombreuses applications dans la théorie des perturbations des planètes. Des exemples y sont calculés avec huit et jusqu'à treize décimales, pour montrer plus clairement l'usage des formules. Quand les démonstrations de ces formules reposent sur des calculs un peu longs, ce qui est le cas le plus ordinaire, l'auteur indique différentes routes, qui toutes conduisent au même point. Cette attention, qui n'est pas à dédaigner dans les problêmes les plus simples, devient d'autant plus indispensable que les théories sont plus relevées, et les calculs plus difficiles.

Nivellement des monts Dores et monts Dômes, *par M.* Ramond.

Ce travail fait suite au nivellement des environs de Clermont-Ferrand, dont il a été question dans la notice de l'an 1808. La

ville de Clermont est le point commun de départ pour toutes ces opérations. Pour mesurer avec plus d'exactitude les hauteurs d'objets fort éloignés, il convenait de se procurer des stations intermédiaires dont l'élévation fût connue avec beaucoup de précision. Après les avoir établies au moyen du baromètre, M. Ramond a desiré qu'elles fussent soumises à l'épreuve des opérations trigonométriques. M. Broussaut, chef de bataillon du génie, alors occupé dans le département du Puy-de-Dôme d'un grand travail géodésique, sous la direction du dépôt général de la guerre, a fourni ces comparaisons. La plus grande différence entre des méthodes si diverses a été de deux mètres, et elle se rapporte aux bains du Mont-d'Or, que le cercle répétiteur n'a pu déterminer qu'indirectement et par induction. Pour le Puy-de-Dôme, la divergence n'est pas d'un mètre, et pour le Puy-de-Sancy, elle se réduit à deux décimètres sur une hauteur de huit cent quarante-trois mètres.

Après avoir ainsi établi les stations intermédiaires, M. Ramond en déduit les hauteurs de quatre-vingts montagnes, et de deux cents points les plus remarquables de cette contrée. Cette partie mathématique, la seule qui se rapporte aux sciences qui sont l'objet spécial de cette notice, ne forme encore que la portion la moins curieuse de l'ouvrage. L'auteur voulait sur-tout fournir des mesures précises aux considérations d'histoire naturelle; il examine le sol de son nivellement, sous les rapports de l'origine du terrain, et de tout ce qui constitue la géographie physique. Ici se termine le fragment qui nous a été remis, et nous regrettons de ne pouvoir donner aucune idée des observations nombreuses, des vues fines, des aperçus ingénieux, qui ont fait entendre avec tant d'intérêt la lecture du Mémoire entier.

MÉMOIRES APPROUVÉS PAR L'ACADÉMIE.

Cercle de réflexion présenté par M. GAMBEY.

Ce cercle diffère en quelques points de celui de Borda, et ces différences, ou ne sont pas tout-à-fait nouvelles, ou ne sont pas sans quelques inconvéniens; mais les pièces qui le composent, et la graduation particulièrement, ont paru faites avec soin et par de bonnes méthodes. La Commission a pensé que M. Gambey n'a pas travaillé sans succès à perfectionner son instrument, et que son zèle mérite d'être encouragé.

Les commissaires étaient MM. Bouvard, Burckardt, et de Rossel, rapporteur.

Exposition des opérations exécutées dans les départemens du Haut et Bas-Rhin, pour servir de fondemens à la carte de l'Helvétie, et à la mesure du parallèle de Strasbourg à Brest; par M. HENRI, *colonel au corps royal des ingénieurs-géographes.*

L'ouvrage de M. Henri renferme les détails et les résultats d'une grande mesure géodésique, faite par ordre du gouvernement, et sous l'inspection immédiate du dépôt général de la guerre. Cet utile et bel établissement possède depuis long-temps de nombreux matériaux du même genre; mais les calculs longs et minutieux qu'ils exigent, le desir de remplir quelques lacunes, le soin qu'on a cru devoir donner au tracé et à la gravure des cartes, quelques considérations d'intérêt public, et, plus que tout cela, la part active que les officiers du corps royal des ingénieurs géographes ont dû prendre aux campagnes de nos armées, ont jusqu'à présent arrêté la publication de l'ensemble des opérations.

Tout le pays limité par la Meuse et le Rhin est couvert de

triangles qui se rattachent à la nouvelle méridienne de France, près de Dunkerque, et aux opérations géodésiques exécutées en Hollande, par M. le général Krayenhoff (*voyez la notice de* 1813). Ce travail est complété par des observations de latitude et d'azimut faites à Aix-la-Chapelle; il donnerait un arc du méridien de Groningue à Trèves, et un arc du parallèle de Dunkerque à Cologne, si les circonstances avaient permis d'ajouter quelques nouvelles déterminations astronomiques à celles qu'on a déja recueillies.

Le dépôt de la guerre possède encore la triangulation de la Souabe et de la Bavière; ces deux canevas sont liés entre eux et se rattachent de plus à ceux de la Bohême, de Salsbourg et de l'archiduché d'Autriche, exécutés par des ingénieurs autrichiens. Une grande base a été mesurée dans les environs de Munich, et de nombreuses observations astronomiques ont été faites dans cette capitale et au château de Hohenstein.

Le réseau trigonométrique qui comprend la plus grande partie de la Westphalie et de la Basse-Saxe, se lie aux opérations géodésiques de la Hollande, et à celles de l'académie de Copenhague, dans le royaume de Danemark; on a aussi un arc du méridien de Cassel à Copenhague, et un arc du parallèle d'Amsterdam. Il serait à desirer seulement que des observations astronomiques, en nombre suffisant, levassent le doute qu'on peut avoir sur les longitudes et les latitudes des poins extrêmes.

La triangulation de l'île d'Elbe se rattache à celle qui fut exécutée en Corse et sur les côtes de Toscane en 1789; elle est accompagnée d'observations astronomiques faites à Porto-Ferrajo.

La surface de la Lombardie et du Piémont est, presque en totalité, couverte d'une triangulation, exécutée avec de grands cercles répétiteurs, et qui s'étend à l'est et à l'ouest sur le Piémont, non loin du petit Saint-Bernard. Ce grand réseau s'appuie

sur les six bases vérifiées de Turin, de Milan, de Padoue, du Tagliamento, de Rimini, et de Rome; il est accompagné d'observations astronomiques faites à Milan, Rimini, Rome, Venise, et S. Salvador, et pourra fournir des données très-précieuses pour la mesure d'un arc du parallèle entre Turin et Fiume.

La triangulation des Apennins, de Mondovi à Savone, se rattache à la précédente; celle de la Savoie s'appuie sur un des côtés de la méridienne de France, au moyen d'un réseau provisoire, qui va du Mont-Blanc au Mont-d'Or, en Auvergne, et de ce point à Bort et Hermant. Des observations astronomiques ont été faites avec le plus grand soin à Clermont, à Genève et à Lyon. Il sera très-curieux de comparer la latitude de la première de ces villes à celle d'Evaux, qui a été déterminée par l'un de nous.

Le réseau trigonométrique, destiné à lier le Mont-Blanc à la nouvelle méridienne de France, pour assigner à jamais la position géographique de cette plus haute sommité des Alpes, est formée en grande partie; enfin on a le projet de joindre Brest et Strasbourg par une chaîne de triangles bien coordonnés, qui s'appuiera, d'une part, sur la base mesurée près de Colmar, avec les règles de platine; et de l'autre, sur une base semblable, qu'on se propose de mesurer dans les environs de Brest.

Si nous ajoutons à ces détails, que la construction des cartes a donné lieu, dans le sein même du dépôt, à des recherches très-intéressantes; que les nombreuses mesures dont on vient de parler ont été faites par des ingénieurs habiles, et avec d'excellens instrumens; que les observations ont été calculées sur les formules les plus exactes, et avec des attentions tout aussi minutieuses que s'il s'agissait d'une de ces opérations qui ont pour objet spécial la détermination de la figure du globe; on ne pourra s'empêcher de reconnaître que ces travaux, exécutés par le corps royal du génie géographe, formeront, par leur étendue et leur

exactitude, lorsque les circonstances auront permis de remplir quelques-unes des lacunes que nous avons indiquées, un des plus beaux monumens qu'on ait jamais élevés aux sciences, et particulièrement à la géographie.

L'ouvrage que M. le colonel Henry a déja rédigé sur la partie des opérations dont il a été chargé, contient tous les détails qu'on peut desirer sur les observations, les mesures et les calculs; et donne tous les résultats définitifs, c'est-à-dire les longitudes, les latitudes et les hauteurs de chacune des stations au-dessus du niveau de la mer.

La base d'Ensisheim, sur laquelle repose cette partie des opérations, a été mesurée avec trois des règles de platine, qui ont servi aux bases de Melun et de Perpignan, avec les mêmes attentions et le même succès. La longueur à la température de 13° de Réaumur, est de 9771,2056 toises du Pérou. Elle est liée à une base de 7749'.54, mesurée près de Darmstadt, par MM. Eckardt et Schleyermacher; l'accord entre le calcul et la mesure directe est de 0^m,23, le même sensiblement que celles des bases de Melun et Perpignan, qui sont liées entre elles par soixante-quatre triangles. La base de Bavière, déduite également de celle d'Ensisheim, par une suite de vingt-quatre triangles, ne surpasse la base mesurée que de 0^m. 14 : c'est à-peu-près l'accord des bases d'Angleterre, qui ne sont pas séparées par un aussi grand nombre de triangles.

La moyenne des deux mesures, que M. Trallès a faites de la base des marais d'Arberg, est plus petite de 1^m,34 qu'elle ne se conclurait de la base d'Ensisheim.

Enfin M. Henry a joint sa base à celle de Melun, par une suite de soixante-quinze triangles, dont les uns ont été mesurés par lui-même, ou par M. Tranchot, les autres par M. le général Krayenhoff, et les derniers appartiennent à la méridienne de France. Malgré ce grand détour et ce nombre de triangles, qui

sont l'ouvrage de quatre observateurs munis d'instrumens de dimensions différentes, l'écart n'est encore que de $1^m,34$, comme pour la base de M. Trallès. La perpendiculaire qu'on se propose de mener de Strasbourg à Brest, fournira une comparaison plus directe; mais on voit déja que la base d'Ensisheim a été déterminée avec toute l'exactitude qu'on pouvait attendre; et de l'habile observateur, et des moyens qu'il avait à sa disposition.

L'opération de M. Henry, comparée à celle du Pérou, donne $\frac{1}{274}$ pour l'aplatissement du globe; ce serait $\frac{1}{434}$, si on la comparait à celle de Laponie; la moyenne $\frac{1}{338}$ diffère assez peu de l'aplatissement qu'on adopte ordinairement.

En supposant l'aplatissement $\frac{1}{334}$, et la hauteur du pôle à Strasbourg parfaitement déterminée, celle de Berne serait trop forte de $3''$, et celle de Lichtenberg trop faible de $3''19$; mais on réduirait ces erreurs à moitié, en supposant à la latitude de Strasbourg une erreur de $1'',5$.

Les observations d'azimut ont pareillement toute la précision possible et desirable, et la Commission conclut que l'opération de M. le colonel Henry est très-digne de l'approbation de l'Académie. Les commissaires étaient : MM. Delambre, et Arago, rapporteur.

Nouvelle machine à vapeur, propre à élever l'eau a de très-grandes hauteurs, par M. Gengembre, *inspecteur-général des monnaies.* Commissaires, MM. Prony et Ampère.

L'auteur de ce Mémoire s'est proposé, 1° d'entretenir une vîtesse constante dans la colonne d'eau qu'on élève; 2° d'éviter la réaction de cette colonne sur les soupapes; 3° de supprimer dans le mécanisme la plus grande quantité possible de masses qui perdent leur vîtesse et en reçoivent une nouvelle à chaque impulsion; 4° d'employer directement l'action de la vapeur, afin d'éviter les

décompositions de force, qui font perdre contre les appuis une partie de cette action dans la plupart des machines.

Le moyen qu'il emploie pour satisfaire à la première condition n'est pas tout-à-fait nouveau; il a déja été employé par MM. Cécile et Martin, dans la dernière machine essayée à Marly, pour élever les eaux d'un seul jet à la hauteur de l'aquéduc. Parmi les autres moyens qui appartiennent réellement à M. Gengembre, le plus important a pour objet d'empêcher la colonne d'eau de rétrograder pendant que la soupape se ferme. Il faut pour cela que le piston reste stationnaire pendant le temps nécessaire pour que la soupape se ferme d'elle-même en descendant par son propre poids dans la portion d'eau qui est rendue immobile par l'immobilité du piston. Pour y parvenir, l'auteur a su tirer un parti fort heureux de l'autre piston, qui est alors le seul qui puisse agir, puisqu'il est le seul qui soit en mouvement, et ce perfectionnement a paru aux Commissaires digne de fixer particulièrement l'attention de l'Académie.

M. Gengembre satisfait aux troisième et quatrième conditions en plaçant sur une tige commune le piston à vapeurs et le piston à eau. Ce moyen est bien simple, mais il remplit parfaitement les intentions de l'auteur, et tend à diminuer le prix de l'appareil en simplifiant le mécanisme.

La conclusion des Commissaires est que cette machine mérite l'approbation de l'Académie, et qu'elle doit être considérée comme un titre à joindre à ceux que l'auteur s'était acquis déja à l'estime des savans.

Nouvelle détermination de l'orbite de la planète Vesta, par M. Daussy. Commissaires, MM. Bouvard, et Burckhardt, rapporteur.

Dans un Mémoire précédent, qui lui a mérité la médaille fondée par Lalande, M. Daussy avait employé toutes les oppo-

sitions de cette planète, qu'il avait pu se procurer; il a depuis observé lui-même l'opposition de 1814 à l'école militaire, et conclu celle de 1807, d'après les premières observations de M. Olbers. Toutes ces oppositions, réunies au nombre de six, sont la base de la nouvelle détermination; elles renferment deux révolutions de Vesta, à-fort-peu-près, et elles sont favorablement disposées pour les recherches dont il s'agit. Tout autorise à croire que les élémens elliptiques doivent être très-près de la vérité, pourvu que les perturbations soient exactement et complétement calculées. M. Burckhardt avait fait sur ces perturbations un travail qu'il a comparé à celui de M. Daussy; il n'y a trouvé que des différences très-légères sur quelques termes peu importans, que M. Daussy a discutés de nouveau avec un soin particulier. Il n'y a donc aucune erreur à craindre à cet égard; mais n'existe-t-il dans ces perturbations d'autres termes que ceux dont on a fait usage? C'est ce que M. Burckhardt a soigneusement examiné, et la conclusion qu'il a tirée, c'est que ce travail est aussi complet que l'exigent les besoins de l'astronomie. Les Commissaires ont trouvé dans ce Mémoire de M. Daussy des preuves nouvelles de son talent et de son zèle pour l'astronomie, et ils en ont demandé l'impression dans le prochain volume des Mémoires présentés par les savans étrangers.

Orbite de la comète de 1807, *par MM.* DE LINDENAU, NICOLAÏ, BESSEL, et NICOLLET.

Après une planète dont la découverte est due à M. Olbers, c'est le lieu de parler de la comète aperçue par ce savant astronome, dans les premiers jours du mois de mars. Cette comète était petite, faible de lumière; elle n'a été vue que par les astronomes. Ceux de Paris, contrariés par les temps, n'ont pu même en réunir qu'un petit nombre d'observations, desquelles cependant M. Nicollet a déduit une orbite parabolique. Les astronomes

des pays étrangers, avertis plutôt et moins distraits par les circonstances, ont pu suivre la comète plus long-temps et avec plus d'assiduité. De ces observations plus nombreuses et qui embrassent un espace de temps plus considérable, ils ont déduit une orbite elliptique, et ce qu'il y a de remarquable, c'est que le grand axe de cette ellipse est moindre que celui de la planète Uranus, moindre même que celui de la comète de 1759, dont la période est de soixante-quinze à soixante-seize ans. On peut se flatter que celle-ci pourrait reparaître dans soixante-treize ans; c'est du moins ce qui résulte des calculs de plusieurs astronomes distingués qui, sans se rien communiquer, sont parvenus chacun de leur côté à ce résultat singulier, avec un accord assez rare dans un problème qui ne peut jamais être résolu d'une manière, je ne dirai pas sûre, mais tant soit peu probable, d'après une première apparition. Pour qu'on puisse bien juger de cet accord, nous allons mettre en regard les deux orbites elliptiques.

Suivant MM. Lindenau et Nicolaï.	Temps du Sceberg.	Suivant M. Bessel, temps de Paris.
Temps de périhélie 1815.. Avril	26,03857.....Avril	26,00374
Longitude du périhélie.....	149°.3'.28".13.....	149.2.29.1
du nœud.....	83.28.52.3.....	83.28.46.14
Inclinaison.....	44.29.56.....	44.29.53.7
Excentricité.....	0.93029.345.....	0.93112771
Distance périhélie.....	1.2126878.....	
Demi-axe.....	17.39704.....	17.60964
Révolution.....	72,584 années.....	73.89682

Mouvement direct.

Recherches sur la dilatation des solides et des liquides, et des liquides élastiques à de hautes températures, par MM. DULONG et PETIT. Commissaires, MM. Gay-Lussac et Biot.

Ces recherches ont pour objet la mesure des dilatations du mercure et des corps solides, comparée à celle de l'air à de hautes températures. Les auteurs ont d'abord comparé la dilatation de l'air à celle du mercure dans le verre. L'appareil dont ils se sont servis est analogue à celui que M. Gay-Lussac a mis autrefois en usage pour le même but, au-dessous du terme de l'ébullition de l'eau. Les Commissaires exposent la nature et les motifs des modifications qu'il a subies entre les mains de MM. Dulong et Petit. Nous ne pouvons entrer dans ces détails, non plus que dans ceux des expériences faites et répétées suivant deux méthodes différentes, qui se sont accordées pour montrer que la dilatation du mercure dans le verre est croissante, comparativement à celle de l'air, comme les expériences sur les autres liquides devaient le faire présumer. La différence est insensible jusqu'à cent degrés; résultat que M. Gay-Lussac avait déja constaté et qui importe pour le calcul des réfractions astronomiques. Au-dessus de ce terme le thermomètre à mercure s'élève plus que le thermomètre d'air, et lorsque le premier marque 300°, le second en marque $8\frac{1}{3}$ de moins.

Ce résultat ne donne que la dilatation apparente du mercure dans le verre. Pour connaître la dilatation absolue, les auteurs ont employé un procédé analogue à celui qu'avait imaginé Borda, pour connaître la dilatation des règles de platine pour les opérations de la méridienne. Leurs expériences faites avec cet appareil à diverses températures de plus en plus élevées jusqu'à 300°, les ont conduits à cette conséquence inattendue, que dans les hautes températures la dilatation des métaux suit une marche plus rapide que celle du thermomètre à mercure, et

plus rapide *à fortiori* que celle de l'air, de sorte que quand un thermomètre d'air marquerait 300° sur son échelle, le thermomètre à mercure en marquerait 310, et le thermomètre métallique 320. Ce résultat, difficile à prévoir, n'est pourtant pas contraire aux analogies; car il ne signifie pas que la dilatation des métaux comparés à l'air croît plus rapidement que la dilatation absolue du mercure; ce qui serait en effet très-invraisemblable, mais plus rapidement que la dilatation apparente du mercure dans le verre; laquelle est l'excès de la dilatation propre de ce liquide sur celle de l'enveloppe qui le contient. Or, puisque l'observation du thermomètre métallique donne aux métaux une dilatation croissante par rapport à l'air, il est probable, il est même certain, par les expériences de MM. Dulong et Petit, que le verre participe à cette propriété : alors l'accroissement progressif de son volume doit faire paraître celle du mercure moins sensible, et peut le balancer assez pour rendre sa marche plus lente que celle des métaux considérés isolément. C'est aussi ce que les auteurs ont soin de remarquer.

Si ces idées étaient exactes, la dilatation du mercure dans les métaux, dans le fer par exemple, devait paraître croissante, le liquide se dilatant plus que le métal. C'est aussi ce que les auteurs ont vérifié en pesant les volumes de mercure qui pouvaient être contenus dans un vase de fer, à diverses températures de plus en plus hautes. Entre 0 et 100°, ils ont trouvé la dilatation absolue du mercure, corrigée de celle du fer, exactement telle que l'avaient assignée MM. Lavoisier et Laplace, par des expériences analogues faites dans un matras de verre; mais à des températures supérieures, le mercure s'est dilaté, suivant une marche beaucoup plus rapide; car il est sorti du vase en quantité beaucoup plus considérable qu'on ne l'aurait dû observer si le fer et le verre eussent conservé des dilatations proportionnelles.

On voit donc qu'en supposant les faits bien observés et les

réductions numériques faites avec exactitude, on ne peut douter que le mercure, le verre et les métaux les plus infusibles n'aient des marches croissantes par rapport au thermomètre d'air, quand on les expose à des températures plus élevées que le degré d'ébullition de l'eau; et, ce qu'on aurait été loin de croire, que les différences sont déja très-sensibles au-dessous de 300°.

C'est un résultat important que l'on doit aux auteurs du Mémoire. — Ne pouvant donc plus regarder aucun de ces corps, si ce n'est peut-être l'air, comme ayant une marche uniforme pour des accroissemens égaux de chaleur, il devient nécessaire de mesurer les dilatations absolues de ce fluide à de hautes températures, et d'établir leurs rapports avec les quantités de chaleur qu'elles exigent; après quoi on connaîtra les dilatations de tous les autres corps, en les comparant à l'air. C'est alors, et seulement alors, que l'on pourra mesurer des quantités de chaleur par le thermomètre, soit d'air, soit de mercure, soit de métaux, et que l'on pourra déterminer les vraies lois du refroidissement et du réchauffement des corps à toutes les températures. C'est ce que les auteurs ont fort bien senti, et ils se préparent à continuer leurs expériences sous ce point de vue; il importe de les y encourager, car ce genre de recherches devient aujourd'hui d'une nécessité indispensable pour l'avancement de nos connaissances dans la théorie de la chaleur.

La conclusion des Commissaires est que le Mémoire de MM. Petit et Dulong est digne d'éloges, par le soin qu'ils ont mis aux expériences, par de bonnes dispositions d'appareils, et par la nouveauté des résultats auxquels ils sont parvenus; qu'il l'est de même par le choix du sujet : car un bon esprit se montre en s'appliquant à des choses déterminables, utiles, et qui élèvent sur la route des sciences de nouvelles lumières. Tous les faits, pour vrais qu'ils soient, n'ont pas toujours cet avantage; et à les entasser sans qu'ils s'enchaînent, il y a aussi peu d'utilité

que de difficulté. Cette conclusion est terminée par la demande de l'impression au volume des savans étrangers.

Serrure à combinaisons, par M. PEYRARD.

Le rapport que M. Molard a lu à cette occasion est une histoire complète de ce genre de serrures, depuis la première invention jusqu'à nos jours; elle est accompagnée de dessins qui en facilitent l'intelligence. L'Académie en a arrêté l'impression dans le volume de ses Mémoires : cette raison, et l'impossibilité de présenter ici les dessins, nous interdisent tout extrait. Nous nous bornerons à reproduire la partie des conclusions qui concerne M. Peyrard.

« Le moyen employé par M. Peyrard pour rendre inutile toute « tentative extérieure est combiné de sorte à produire cet « effet de la manière la plus certaine et la plus satisfaisante. « Sous ce point de vue, nous pensons que ce perfectionnement « mérite l'approbation de l'Académie. »

Phare à réflecteurs paraboliques, par M. LE NOIR. *Commissaires,* MM. Charles, de Rossel, *et* Arago.

Des recherches nombreuses ont été faites en différens temps sur la question importante de l'éclairage des côtes, mais l'on n'a donné aux résultats que fort peu de publicité. Cet art, si utile à la navigation, n'avait fait que peu de progrès chez les anciens; on ne trouve chez leurs historiens aucune donnée certaine, ni sur la nature des phares, ni sur la vivacité de leur lumière. Depuis que la navigation a pris un essor plus hardi, on a senti la nécessité de diversifier les feux et d'ajouter à leur intensité. Pour atteindre ce but, on employa le charbon de terre, le bois; on se servit de réflecteurs sphériques ou paraboloïdes; on imagina d'éclipser la lumière et de la laisser reparaître à des intervalles marqués;

mais la lumière réfléchie, trop faible en elle-même, ne s'apercevait que dans la direction de l'axe. L'invention des lampes à double courant d'air vint ranimer l'espoir des artistes, qui se sont occupés avec un zèle très-louable de la construction des réflecteurs, auxquels ils sont parvenus à donner un poli suffisant et la forme d'un paraboloïde de révolution. Il restait à faire, sur ces appareils perfectionnés, une suite d'expériences exactes qui pussent en constater, ou même accroître les avantages.

La commission chargée d'examiner les grands et beaux réflecteurs que M. Le Noir venait de faire construire dans ses ateliers, a saisi cette occasion pour soumettre à des expériences décisives la question délicate du diamètre qu'il convient de donner à la lumière placée au foyer du paraboloïde.

Les premières expériences avaient été faites le 1^er^ octobre 1813, dans le jardin du dépôt de la marine, avec deux réverbères paraboliques parfaitement semblables, de $0^m.81$ d'ouverture et de $0^m.325$ de profondeur, et qui portaient à leur foyer, l'un une mèche de trente-six millimètres (seize lignes) de diamètre, et l'autre une mèche de vingt-sept millimètres (douze lignes). Chacun de ces réverbères fut dirigé avec tout le soin possible sur une surface blanche éloignée d'environ cinquante mètres; un corps opaque très-délié, placé à peu de distance de l'écran, fournissait deux ombres, dont les intensités comparatives servaient à apprécier celle des deux faisceaux cylindriques de lumière que les miroirs envoyaient sur l'écran. La comparaison de ces deux ombres ne laissait aucun doute sur les avantages du petit bec, qui donnait constamment une lumière à-la-fois et plus vive et plus blanche que celle du bec de trente-six millimètres.

Cette expérience, répétée le 8 octobre avec de très-légères modifications, conduisit aux mêmes résultats.

La commission se réunit le 15 octobre, pour comparer les effets de deux mèches de vingt-sept et vingt millimètres. On échangea

ces mèches, pour s'assurer que la différence de lumière ne tenait pas au poli plus ou moins parfait de l'un ou l'autre réflecteur.

Le 22 octobre, l'expérience fut faite avec trois réflecteurs à-la-fois, les deux dont on vient de parler, et un troisième de même dimension, armé d'une mèche de treize millimètres (six lignes). La comparaison des ombres prouva que cette dernière avait en blancheur et en éclat un avantage marqué sur celle de vingt, et que celle-ci, à son tour, surpassait, sous ces deux rapports, la mèche de vingt-sept.

Il était important de répéter les expériences à un éloignement beaucoup plus considérable, pour rendre plus sensibles les effets de la divergence, produits, soit par l'excentricité de la mèche, soit par les défauts de forme ou de poli, qu'il est impossible d'éviter entièrement. Il était également indispensable de s'assurer si l'avantage des petites mèches se soutiendrait à de grandes distances.

Les trois réflecteurs furent transportés au pied de la tour de Mont-Lhéry, et dirigés sur Montmartre, qui en est éloigné de plus de vingt-huit mille mètres. On les disposa de manière qu'on pût les apercevoir tous trois d'un seul coup-d'œil dans le champ d'une même lunette.

La première expérience eut lieu le 15 novembre, et montra que, de loin comme de près, la petite mèche envoie plus de lumière que la grande dans la direction de l'axe du paraboloïde.

On fit dans la même soirée des observations sur la divergence de la lumière, et son intensité à différentes distances angulaires de l'axe. On reconnut que les changemens de direction n'avaient pas été exécutés avec toute la précision nécessaire. On s'empressa d'apporter aux supports des miroirs quelques modifications qui permettaient d'évaluer avec précision le mouvement angulaire de l'axe de chaque réflecteur. C'est après ces change-

mens que se fit l'expérience définitive, dont voici les principaux résultats.

Les deux réverbères de treize et de vingt-sept, vus à l'œil nu, ne paraissaient que comme un feu unique, mais extrêmement vif; dans la lunette ils étaient séparés, et celui de treize mill. était sensiblement plus vif que l'autre. Un seul réverbère se voyait encore parfaitement à l'œil nu.

Les deux réverbères étaient également vifs lorsqu'on cachait un tiers de la surface du premier. Le réverbère à grande mèche avait l'avantage, lorsque l'écran couvrait la moitié de l'autre. D'ou il semble résulter que le miroir garni de la petite mèche est d'un tiers environ plus lumineux que celui de la grosse mèche.

On donna aux réverbères un mouvement de 2°; les feux parurent affaiblis, mais demeurèrent visibles à l'œil nu : celui de 13 mill. conservait son avantage.

Avec une déviation de 3° l'affaiblissement augmenta; à la vue simple les feux se voyaient mal : la petite mèche a toujours l'avantage.

A 5°, on ne voit plus les feux à la vue simple; il en reste encore quelques traces dans la lunette. Le réverbère qui se voit le mieux est celui qui porte la petite mèche. On a ramené les réverbères à leur position primitive, on a essayé des déviations de 2° et 3° dans le sens contraire. Ces nouvelles épreuves ont pleinement confirmé les résultats des premières.

La lampe de 27 mill. consomme en deux heures et demie 245 grammes d'huile.

La lampe à petite mèche, qui donne constamment une lumière plus intense, ne brûle dans le même temps que 122 grammes, c'est-à-dire moitié moins.

Les conclusions du rapport sont :

1° Qu'un seul réverbère, à la distance de 7 lieues ou 28,000

mètres, est au moins aussi vif à l'œil nu qu'une étoile de première grandeur, lorsque l'observateur est placé sur le prolongement de l'axe.

2° Qu'à 3" de cette direction, la lumière du réflecteur a déja perdu tout son éclat, et se voit à peine sans le secours d'une lunette.

3° Qu'au lieu d'augmenter le diamètre de la lumière focale, comme les artistes avaient coutume de le faire proportionnellement aux dimensions du réverbère, il est convenable de le resserrer autant que possible, c'est-à-dire autant que le permet la libre circulation dans le canal intérieur de la mèche.

4° Que par ce moyen on diminue considérablement la dépense d'huile, en même temps qu'on ajoute à l'intensité de la lumière.

5° Enfin, que lorsqu'un phare est destiné à éclairer un secteur d'une certaine étendue, il faut ou rendre les réverbères mobiles, afin qu'ils soient dirigés successivement vers divers points de l'horizon, ou les multiplier assez pour que les axes ne comprennent pas d'angles plus grands que de 6°.

Les expériences ont été faites de concert avec M. Sganzin, inspecteur-général des ponts-et-chaussées, en présence de plusieurs membres de l'Institut et d'un grand nombre d'ingénieurs distingués. elles semblent propres à fixer avec précision ce qu'on peut attendre d'un phare à réflecteur parabolique; en conséquence les commissaires proposent à l'Académie d'accorder des éloges à MM. Lenoir, qui, dans cette nouvelle branche d'industrie, se sont montrés très-dignes de la réputation qu'ils ont acquise depuis longues années par une foule de travaux importans.

Mémoire sur les surfaces d'équilibre des fluides imparfaits tels que graines, sables, etc., par M. Allent. Commissaires MM. de Prony, et Girard, rapporteur.

« L'intention de l'auteur n'a point été de donner de nou-
« veaux développemens à la théorie de la poussée des terres,
« ni d'ajouter de nouveaux faits à ceux qui ont été recueillis sur
« cette question, dont la solution complète s'appliquerait si uti-
« lement à l'architecture civile, hydraulique et militaire; mais
« il s'est proposé de faciliter le tracé graphique des surfaces
« de *talus naturel* et de *talus d'éboulement* entre des limites
« données, d'après la génération même de ces surfaces, déduit
« d'une seule expérience fondamentale. Cette génération est ex-
« pliquée dans le Mémoire de M. Allent, sans le secours d'aucun
« calcul, ni d'aucune figure, avec une méthode et une clarté
« de style qui ne laisent rien à desirer. »

Mémoire sur la Libration de la lune, par MM. Bouvard et Nicollet.

La libration de la lune est un des phénomènes les plus curieux et les plus singuliers du système du monde. Galilée et Hévélius avaient déja remarqué que les taches voisines des bords disparaissaient et réparaissaient alternativement en certaines circonstances qu'ils déterminaient à-peu-près. D. Cassini donna le premier une explication complète de ces phénomènes compliqués. Il supposa, 1° que la lune tourne autour d'un axe de manière que son moyen mouvement de rotation est précisément égal à son mouvement moyen de révolution; 2° que si par le centre de la lune on mène trois plans, le premier représentant l'équateur lunaire, le second l'écliptique, et le troisième l'orbite de la lune, le premier plan aura avec le second une inclinaison de

$2^{\circ}\frac{1}{2}$. En faisant abstraction des inégalités périodiques, ces trois plans ont constamment une intersection commune, de manière que les nœuds de l'équateur lunaire coïncident toujours avec les nœuds moyens de l'orbite lunaire. Ces belles découvertes furent publiées, pour la première fois, par Cassini dans son Histoire de l'astronomie, réimprimée depuis dans le tome VIII des Mémoires de l'Académie. Les observations n'ont point paru : Mayer en entreprit de nouvelles et les discuta avec soin ; elles confirmèrent les déterminations de Cassini, à l'exception de l'inclinaison qu'il réduisit de $2^{\circ}\frac{1}{2}$ à $1^{\circ}\,29'$. Lalande porta depuis cette inclinaison à $1^{\circ}\,43'$.

Lagrange prouva que le phénomène de l'égalité des mouvemens moyens de révolution et de rotation de la lune, celui de la coïncidence des nœuds de l'équateur et de l'orbe lunaire et celui de la constance de leur inclinaison mutuelle sont liés entre eux par la théorie de la pesanteur. La partie analytique du problème est complète, la difficulté propre à ce genre d'observations fait que la partie astronomique laisse encore et laissera peut être toujours quelque chose à desirer. Les instrumens dont se servait Mayer étaient fort imparfaits, et c'est une chose étonnante qu'avec de pareils moyens il ait pu faire un travail si recommandable. Lalande avait des instrumens beaucoup meilleurs, mais il n'a fait que le nombre d'observations strictement nécessaire, et il ne les a calculées que par une méthode indirecte, qui n'est pas d'une précision suffisante. La méthode de Mayer, quoique beaucoup meilleure, n'était encore qu'approximative, quoiqu'il fût aisé de ne rien négliger comme nous l'avons démontré, il y a plus de vingt-cinq ans, dans un Mémoire annoncé par Lalande, dans la troisième édition de son astronomie. M. Bouvard fit, de son côté, la même remarque, lorsque toutes ces raisons l'eurent engagé à entreprendre, avec M. Arago, une nouvelle suite d'observations qui

fut interrompue par la prolongation de la méridienne en Espagne. M. Bouvard, qui avait calculé ces premières observations, les a continuées jusqu'en 1810 inclusivement. Cette nouvelle suite est le fondement des calculs que MM. Bouvard et Nicollet ont fait simultanément, et chacun de leur côté, pour éviter d'autant plus sûrement toute erreur appréciable. On voit dans leur Mémoire toutes les formules qu'ils ont employées, avec la discussion exacte de tous les termes, pour montrer ceux qu'il était permis de négliger et ceux qu'il était indispensable de conserver; ainsi l'on pourra s'assurer qu'ils ont, à cet égard, porté la sévérité plus loin qu'aucun de leurs devanciers. Ils exposent, dans le plus grand détail, la marche qu'ils ont suivie, enfin les élémens qui sont le résultat de toutes leurs recherches. Ces élémens diffèrent assez peu de ceux qui avaient été trouvés par Mayer, il y a soixante-dix ans. Ainsi la longitude de la tache observée diffère seulement de 13 en moins, la latitude de 12′ également en moins; l'inclinaison est plus petite à peine d'une minute, mais la différence entre le nœud de l'équateur et celui de l'orbite diffère de près de 6° puisqu'elle était de $3° \frac{3}{4}$ en moins, suivant Mayer, au lieu que d'après les soixante-deux observations nouvellement calculées par MM. Bouvard et Nicollet, elle se trouve de $2° \frac{1}{8}$ en plus; sur quoi il est juste de remarquer que de tous les élémens, cet intervalle entre les nœuds est ce qu'il y a de plus incertain et de plus difficile à déterminer, tant à raison de la petitesse de l'inclinaison qu'à raison de l'influence extrêmement sensible que les plus petites erreurs géocentriques ont sur les lieux sélénocentriques : ce qui est aisé à concevoir quand on songe que l'arc de 90° du globe lunaire est vu de la terre sous un angle de 15 à 17 minutes. Suivant la théorie, la coïncidence des nœuds devrait être parfaite; dans les résultats anciens et nouveaux, l'erreur est de signe différent, en sorte qu'il est permis de soupçonner que la vérité pourrait bien se

trouver entre les deux résultats de l'observation, et fort près par conséquent de celui qui est indiqué par la théorie.

Le Mémoire est terminé par de grands tableaux qui offrent tous les détails des observations, des calculs et des quantités qui résultent de chaque observation en particulier pour les deux élémens de la tache. Ces résultats ont entre eux tout l'accord que les observations permettent, mais laissent à desirer qu'on puisse ajouter encore à l'exactitude des instrumens, ce qui est peu probable. Ce n'est donc qu'en multipliant beaucoup les observations, que l'on pourra parvenir à diminuer l'incertitude; mais il faut avouer en même temps que cette extrême précision ne serait que curieuse; il nous suffit de savoir que la théorie et les observations sont bien d'accord sur des phénomènes qui n'ont d'ailleurs aucune influence dans les déterminations astronomiques.

Sur les puissances réfractives et dispersives de certains liquides et des vapeurs qu'ils forment; par MM. ARAGO *et* PETIT. 11 *décembre* 1815.

La théorie de la réfraction est une des parties les plus importantes de l'optique, et tous les physiciens qui ont développé ou soutenu les divers systèmes imaginés pour l'explication des phénomènes, se sont particulièrement efforcés de rattacher la loi de la réfraction à l'hypothèse qu'ils admettaient.

Newton, en attribuant la réfraction à une attraction des corps sur la lumière, a donné de ce phénomène et de la loi à laquelle il est soumis, une explication si naturelle et si claire, qu'on l'a toujours regardée comme un des principaux argumens en faveur du système de l'émission. Cependant, de toutes les conséquences générales qui se déduisent de cette hypothèse, la seule qu'on ait vérifiée jusqu'à ce jour, se réduit à la loi du rapport constant du sinus d'incidence et de réfraction; mais cette loi peut

se démontrer indépendamment de l'attraction. Ainsi, avant d'adopter l'hypothèse de Newton, à l'exclusion de toutes les autres, il est indispensable d'examiner jusqu'à quel point les diverses conclusions qui en dérivent sont confirmées par l'expérience. Tel est l'objet des recherches dont le Mémoire de MM. Arago et Petit offre la première partie.

L'action totale du corps sur la lumière est mesurée par l'accroissement du quarré de la vîtesse du rayon, et cet accroissement peut se désigner par le nom de *puissance réfractive*. Cette quantité doit évidemment dépendre de la nature du corps; mais dans une même substance elle doit rester proportionnelle à la densité, et *il est naturel de penser qu'une attraction s'exerce toujours proportionnellement à la masse, quelle que soit d'ailleurs la fonction de la distance suivant laquelle elle varie*. Dans cette supposition, le pouvoir réfringent, c'est-à-dire le rapport de la puissance réfractive à la densité, ne doit plus dépendre que de la constitution chimique des corps, et rester constant, quand la densité seule change.

Cette conséquence de la théorie de l'attraction n'a jamais été vérifiée, excepté dans les gaz; mais leur puissance réfractive est extrêmement faible, l'accroissement de vîtesse qu'ils impriment à la lumière est très-petit, un calcul très-simple montrera que l'expression de la puissance réfractive, tirée de la théorie Newtonienne, n'est pas la seule qui, dans les gaz, reste proportionnelle à la densité; et qu'il existe une infinité d'expressions qui toutes satisferaient à la même condition. Ainsi, de ce que les gaz paraissent avoir un pouvoir réfringent, indépendant de leur densité, on n'est nullement en droit d'en conclure que les corps solides et liquides jouissent de la même propriété.

Les auteurs ont pensé que le meilleur moyen de décider complétement cette question, serait de comparer le pouvoir réfringent de différens liquides à celui des vapeurs que ces liquides

forment. Dans ce cas, le changement de densité est fort considérable, et l'un des corps au moins conserve une forte action sur la lumière. Ils ont fait choix des liquides qui, aux températures ordinaires de l'air, fournissent les vapeurs les plus abondantes; ils ont mesuré la puissance réfractive de chacun de ces liquides, et celle des vapeurs qui en dérivent; en comparant ces puissances réfractives aux densités connues des liquides et des vapeurs, il leur a été facile de voir si dans chacun de ces corps le pouvoir réfringent était indépendant de la densité.

Le résultat de leurs expériences prouve rigoureusement le contraire : elles s'accordent toutes à donner, pour les vapeurs, un pouvoir réfringent sensiblement moindre que celui des liquides qui les ont formées. Ainsi le pouvoir réfringent du soufre carburé liquide, rapporté à l'air, est un peu plus grand que 3, tandis que celui de la même substance à l'état de vapeur, rapporté de même à l'air, ne surpasse pas 2.

Si l'on compare ce résultat à la théorie, on se trouve obligé, dans l'hypothèse Newtonienne, de supposer ce qui du moins est une conclusion assez singulière, *que l'attraction d'un même corps sur la lumière ne s'exerce pas proportionnellement à la densité.* Malheureusement le nombre des substances sur lesquelles on peut opérer avec précision à l'état de vapeur est trop petit pour qu'on puisse conclure de ces expériences aucune loi relative à la variation que le changement de densité fait subir à l'affinité des corps pour la lumière. Les liquides essayés par les auteurs sont le soufre carburé, l'éther sulfurique, et l'éther muriatique.

A défaut de ce moyen direct, les auteurs avaient cru que cette loi pourrait se déduire de la comparaison du pouvoir réfrigent des gaz et de celui des corps solides ou liquides qu'ils forment en s'unissant. En effet, si dans les combinaisons de gaz qui conservent l'état gazeux, le pouvoir réfringent du composé était, comme on l'a cru jusqu'à-présent, égal à la somme des pouvoirs

réfringens, il en résulterait que l'acte de la combinaison ne modifierait en rien l'action du corps sur la lumière, d'où l'on pourrait conclure, avec vraisemblance, que le pouvoir réfringent d'un composé solide ou liquide ne diffère de la somme des pouvoirs réfringens de ses principes gazeux, qu'à raison de l'augmentation que ces derniers éprouvent par l'effet de la condensation.

Cependant, comme la loi relative à la force réfringente des gaz composés n'avait été établie que sur un petit nombre d'expériences, il était indispensable de s'assurer d'abord de l'exactitude de cette loi. Or les mesures que les auteurs ont faites de la réfraction d'un grand nombre de gaz leur ont prouvé que cette loi ne s'accordait pas toujours avec les résultats de l'observation.

On voit donc que le pouvoir réfringent d'un corps, loin d'être constant, comme la théorie Newtonienne semblerait le prouver, *dans l'hypothèse la plus naturelle qu'on puisse faire sur la réfraction*, subit au contraire des variations, soit par l'effet du changement de densité, soit par l'état de combinaison dans lequel le corps se trouve. Pour déterminer l'influence de chacune de ces causes en particulier, il est nécessaire de mesurer avec exactitude les pouvoirs réfringens d'un grand nombre de substances, et ceux des combinaisons auxquelles elles donnent lieu. Le travail entrepris dans cette vue embrasse déja un nombre considérable de corps; cependant les auteurs ont senti la nécessité de l'étendre encore plus, avant de chercher à lier, par quelque loi générale, les divers résultats auxquels ils sont parvenus.

A ceux qui pourraient élever quelques doutes sur ce qu'ils regardent *comme l'hypothèse la plus naturelle qu'on puisse faire sur l'attraction*, les auteurs opposent deux passages où l'auteur de la *Mécanique céleste* s'est montré de la même opinion, en s'exprimant ainsi, livre X, page 274 : « Je supposerai que la va-

« leur de $\frac{K}{nz}$ est la même dans l'état liquide et dans l'état de « vapeur. C'est en effet l'hypothèse la plus naturelle qu'on puisse « admettre; » et, page 23 de la préface du tome IV : « J'essaie « d'y suppléer, en supposant que les forces réfringentes de l'eau « et de la vapeur sont proportionnelles à leurs densités respec- « tives; dans cette hypothèse vraisemblable, etc. » Mais ce qui paraît dans un temps le plus naturel et le plus vraisemblable, peut cesser de le paraître quand des faits nouveaux apportent de nouvelles lumières; et l'on peut remarquer la réserve de l'auteur de la *Mécanique céleste*, qui ne parle de son calcul que comme d'un essai qui lui laisse la faculté de tenter d'autres moyens, si celui qui s'est présenté le premier se trouvait attaqué par quelque fait ou quelque expérience qui forçât à le rejeter.

Les faits établis par MM. Arago et Petit leur ont paru d'une telle importance, qu'ils en ont desiré suivre les conséquences dans les divers phénomènes qui ont une liaison plus ou moins directe avec celui de la réfraction.

Les rayons colorés dont se compose la lumière blanche sont inégalement séparés les uns des autres par leur réfraction dans des corps de nature différente, et c'est ce qui constitue la différence dans la force dispersive des corps. Ce qu'il y a de plus naturel à prendre pour mesure du pouvoir dispersif, c'est la différence du pouvoir réfringent relatif aux couleurs extrêmes du spectre, et, dans la théorie Newtonienne, cette différence devrait être constante pour un même corps aussi-bien que le pouvoir réfringent des rayons moyens.

L'expérience ayant appris que ce dernier pouvoir diminuait avec la densité, il était facile de prévoir que la force dispersive diminuerait aussi; mais il était important d'examiner si ces variations suivraient la même loi. Pour y parvenir, il fallait déterminer le pouvoir dispersif des liquides et des vapeurs dont

les expériences précédentes avaient mesuré le pouvoir réfringent. La force dispersive des liquides pouvait s'obtenir aisément, mais il n'en était pas de même de celle des vapeurs. La réfraction qu'elles occasionnent dans un prisme étant très-faible, la dispersion, qui n'est qu'une partie très-petite de cette réfraction, est *à peine sensible*. Aussi, malgré l'importance d'une pareille détermination dans les gaz et dans les vapeurs, les physiciens paraissaient avoir renoncé à la déduire de l'observation. L'objet que se proposaient les auteurs exigeait une mesure directe : ils se sont efforcés d'atteindre ce but, à l'aide d'un procédé dont ils promettent la description détaillée; et ils annoncent que les expériences faites sur une même vapeur, dans des circonstances différentes, s'accordent assez bien entre elles pour qu'on puisse regarder leurs déterminations comme approchant beaucoup de la vérité.

Ils se sont assurés que le pouvoir dispersif diminue en effet avec la densité; mais ce que l'observation leur a montré d'une manière non moins certaine, c'est que le pouvoir dispersif diminue dans un plus grand rapport que le pouvoir réfringent, en sorte qu'en appelant i le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction, et ρ la densité du corps, le pouvoir réfringent $\left(\frac{i^2-1}{\rho}\right)$ est non-seulement variable pour une même classe de rayons, mais encore que la loi suivant laquelle ce changement s'effectue est différente pour les rayons diversement colorés.

Dans le soufre carburé, déja choisi pour exemple, le rapport du pouvoir dispersif au pouvoir réfringent est 0,14 à l'état liquide, tandis qu'il se réduit à moins de 0,08 dans l'état de vapeur.

Ainsi, tandis que la variation du pouvoir réfringent pouvait encore s'expliquer en admettant que l'attraction d'un même corps, pour la lumière, varie suivant une loi différente de celle

de la raison directe des densités, on voit que, pour rendre compte de la variation observée dans le pouvoir dispersif, il faudrait supposer en outre que l'action d'un corps sur les rayons diversement colorés suit, dans les changemens de densité, une loi différente pour chacun de ces rayons.

Ces diverses suppositions diminuent, sans doute, et la simplicité et la vraisemblance de la théorie Newtonienne; mais avant de rien décider à cet égard, les auteurs répètent qu'il est nécessaire d'examiner avec beaucoup de soin les changemens que les forces réfringentes des corps subissent, soit par des variations de densité, soit par l'effet de la combinaison. Il n'est pas moins indispensable de joindre à ces déterminations celles qui sont relatives aux forces dispersives dont les physiciens ne s'étaient jamais occupés jusqu'ici, et qui peuvent, à l'aide de précautions nombreuses, être déduites d'expériences directes.

Le travail que les auteurs se proposent de publier sur cet objet est fort avancé; ils ont cru cependant qu'il y aurait quelque utilité à faire connaître dès-à-présent les résultats qu'ils ont tirés de leurs expériences sur les liquides et les vapeurs.

Mécanique analytique, par J. L. Lagrange, *nouvelle édition, revue et augmentée par l'auteur, tome second. Paris, madame* V^e^ Courcier.

Les éditeurs, dans un avertissement fort court, rendent compte des motifs du retard qu'a éprouvé la publication de ce second volume. M. Lagrange en avait déja fait imprimer les premières feuilles, lorsque la mort l'enleva aux sciences. M. de Prony se chargea de suivre l'édition, et fut aidé dans la révision des épreuves par M. Garnier, professeur à l'École Royale Militaire. Le manuscrit des sections VII et VIII se trouva fort en ordre, celui de la IX^e^ était fort incomplet, le premier paragraphe seul était achevé. MM. Prony, Lacroix et J. Binet, firent les recherches

les plus attentives dans ces manuscrits, et demeurèrent convaincus que l'auteur n'avait fait que préparer cette partie, et que rien n'avait été égaré.

M. Binet a bien voulu se charger du travail pénible de coordonner les matières et la notation de l'ancienne édition à ce qui était imprimé de la nouvelle. On a profité de toutes les notes marginales qu'on a rencontrées sur l'exemplaire de M. Lagrange, et qui étaient écrites de sa main. Quelques matières relatives au mouvement de rotation, trop peu complètes pour former un paragraphe, ont été réunies dans une note à la fin du volume.

Une autre note a été formée d'une remarque également trouvée parmi les manuscrits; elle se rapporte au problème de la détermination de l'orbite des comètes, problème traité dans le paragraphe III de la section VII.

Le volume est terminé par une liste complète des ouvrages de M. Lagrange, communiquée par M. Lacroix. A la suite de cette liste, on voit avec plaisir qu'un mathématicien célèbre, confrère et grand admirateur de M. Lagrange, a fait acquérir au gouvernement tous les manuscrits laissés par cet illustre géomètre; et, sur son invitation, l'Académie des sciences a nommé une commission pour faire le choix de ceux qui se trouvent en état d'être imprimés : les autres seront classés et déposés à la bibliothèque de l'Institut.

Leçons de mécanique analytique données à l'École Polytechnique; par M. DE PRONY; *seconde partie, qui traite du mouvement des corps solides*, ou *Traité élémentaire de dynamique.*

La première partie de cet ouvrage contenait la statique, et nous l'avons annoncée dans notre notice de 1810; la seconde, qui traite du mouvement, est assujétie à une division toute pareille : les lois du mouvement d'un point matériel, d'un système,

ou d'un corps de forme variable suivant certaines conditions, y sont successivement exposées et précédées de notions préliminaires, dans lesquelles l'auteur a mis tous ses soins pour établir, de la manière analytique la plus générale, les principes fondamentaux de la dynamique. Après avoir expliqué ce qui concerne le temps et sa mesure, il combine cette espèce de quantité avec l'étendue linéaire, en les considérant comme deux indéterminées dont les relations peuvent s'exprimer par des équations, d'après lesquelles on peut classer tous les mouvemens possibles d'un point matériel. La plus simple de ces relations donne le *mouvement uniforme*, d'où découle la vîtesse; et, de cette notion généralisée, il tire une des équations fondamentales applicables à toute espèce de mouvemens. La seconde équation, qui a la même généralité, sort également de considérations purement analytiques, en sorte qu'on voit une théorie importante établie indépendamment de la considération des forces motrices, et par laquelle on peut, lorsque certains phénomènes sont donnés par le fait, découvrir tous ceux qui ne sont pas encore donnés.

L'auteur applique cette théorie au mouvement vertical des corps graves, soit dans le vide, soit dans un milieu résistant; il analyse successivement les phénomènes de mouvement qui ont lieu au-dessus de la surface et dans l'intérieur de la terre, et montre comment ses formules rigoureuses peuvent se réduire à celles de Galilée.

Il passe à la considération de *la force;* distingue celle dont l'effet est instantané, et celle dont l'action est soumise à la loi de continuité; démontre les lois résultantes de l'inertie, les actions réciproques des corps les uns sur les autres, le théorême de l'équilibre de deux points matériels qui se choquent en sens directement opposé, et les formules de ce mouvement, lorsque l'équilibre n'a pas lieu. Ces formules sont applicables à un degré quelconque d'élasticité, et il en déduit avec facilité, et comme

corollaires, les cas de la parfaite dureté et de la parfaite élasticité. Il démontre par occasion quelques théorêmes sur la *conservation du mouvement du centre de gravité*, la *conservation des forces vives*, la perte des forces dans le cas des *changemens brusques*, le principe de la *moindre action*. Parmi les exemples de la théorie du mouvement composé se trouvent la détermination de *l'angle de réflexion* pour un degré quelconque d'élasticité du mobile réfléchi, l'examen d'un cas de mouvement qui rend sensible la différence entre le choc et la pression, et enfin les propriétés de la machine d'Aatwood. Il explique comment les expériences doivent être faites, et donne les formules nécessaires pour les calculer.

La deuxième section traite du mouvement d'un point matériel, en ayant égard aux diverses conditions auxquelles ce mouvement peut être assujéti; celles, par exemple, de se faire ou librement, ou sur une ligne ou sur une surface données, ou qui doivent satisfaire à certaines conditions. Parmi les détails qui peuvent être utiles à ceux qui se destineront à cultiver les sciences, on distinguera la vérification du principe des *aires*, *les relations entre les aires et les momens*.

L'auteur passe à la théorie du mouvement des projectiles pesans dans le vide; il démontre analytiquement tous les théorêmes de Galilée; et, parmi les problèmes particuliers sur cette matière, il s'en trouve un dont la solution est liée à la théorie des solutions particulières des équations différentielles.

L'équation fondamentale de ce mouvement ne suppose d'abord aucune hypothèse sur la loi de la résistance; l'auteur y introduit ensuite la loi du carré de la vîtesse, et il en déduit toutes les formules nécessaires aux artilleurs, traite le cas du ricochet, en profitant des simplifications que permet la petitesse de l'angle de projection, et pose les principales bases du calcul, pour obtenir des résultats numériques absolus sur les trajectoires décrites dans les milieux résistans.

A cette utile exposition l'on en voit succéder une d'un grand intérêt, celle des mouvemens, soit elliptiques, soit paraboliques, ou hyperboliques, des planètes : cette partie de l'ouvrage est disposée de manière à en faire une introduction élémentaire à l'astronomie physique.

Le mouvement d'un mobile pesant sur un polygone sert d'introduction à l'exposition des propriétés générales du mouvement d'un mobile sur une courbe quelconque, fixe et continue; d'où se déduit la théorie du pendule simple, et les principales vérités physiques dont cet instrument a procuré la découverte ou la confirmation.

La cycloïde et ses propriétés, les découvertes d'Huyghens et les belles recherches d'Euler sur les courbes tautochrones, passent ensuite en revue, et l'auteur y joint des considérations sur le tautochronisme dans les courbes à double courbure.

Le célèbre problème de la brachystochrone, résolu d'abord d'une manière élémentaire, et puis envisagé sous le point de vue le plus général, conduit à l'une des plus belles méthodes que possèdent les géomètres, la méthode des *variations*.

Cette section est terminée par la théorie du mouvement d'un point matériel sur une surface donnée : l'auteur vérifie le principe de la moindre action dans cette espèce de mouvement, détermine la pression normale de la surface, et applique cette théorie au problème curieux du pendule à *oscillations coniques*, c'est-à-dire qui oscille en tournant autour de la verticale, menée par le point de suspension.

La troisième section contient la théorie générale du mouvement, soit d'un système de points matériels, soit d'un corps solide continu, en ayant égard à leur étendue et à leur forme supposée invariable. Elle commence par la démonstration du *principe général du mouvement*, que l'auteur applique d'abord à plusieurs questions précédemment résolues, et notamment à la machine

d'Aatwood; il fait alors entrer en considération le poids de la corde et la masse de la poulie, qu'il avait d'abord négligés, et prouve qne l'introduction de ces élémens n'aurait apporté aucun changement aux conséquences. Il déduit de ce principe les formules du mouvement d'un corps sollicité par des puissances quelconques et assujéti à tourner autour d'un axe fixe. Les formules renferment l'expression remarquable du *moment d'inertie;* et l'auteur met à profit l'extension récente donnée à cette théorie par M. J. Binet. Les questions qui concernent le centre d'oscillation et le pendule composé viennent naturellement à la suite de ces recherches. Après avoir résolu ces questions et démontré plusieurs propriétés curieuses du pendule composé, M. de Prony donne la théorie d'un appareil qu'il avait imaginé pour déterminer la longueur du pendule à secondes, lorsqu'on s'occupait de la fixation des bases du système métrique décimal.

Le problême du centre de percussion, qui, dans le dix-septième siècle, avait donné lieu à de longues discussions entre les géomètres, n'était cependant résolu que dans des cas particuliers. M. de Prony a rempli cette lacune en donnant la solution du problême avec toute la généralité desirable.

La belle et difficile théorie du mouvement de rotation autour d'un point a été un sujet d'exercice et de découvertes pour les Euler, les Lagrange, et les Laplace. M. Poisson en a donné une excellente exposition dans son Traité de Mécanique. M. de Prony, en mettant à profit les travaux de tant de géomètres, et ceux auxquels il s'était livré lui-même à diverses époques, s'est appliqué à ne laisser rien à desirer dans ses explications et ses développemens. Il traite le cas dans lequel ce mouvement aurait lieu sur un plan fixe, et prend pour exemple le problême de la toupie, qu'Euler paraît avoir résolu le premier.

La quatrième section traite du mouvement des corps et des systêmes de corps de forme variable.

Cette partie de la mécanique, malgré les efforts des plus grands géomètres, est loin d'offrir toutes les ressources nécessaires pour la solution des problèmes relatifs aux systèmes tant solides que fluides. D'après ces considérations, et l'impossibilité d'établir une étroite connexion entre les questions qu'il faut traiter successivement, M. de Prony s'est décidé à composer cette section d'une suite de problèmes de difficultés graduées, et qu'il a liés les uns aux autres autant que la nature du sujet a pu le permettre.

Le premier a pour objet les variations qu'éprouvent les durées des oscillations d'un pendule composé, lorsqu'on déplace une partie de la masse du pendule. L'auteur y démontre les formules qu'il avait données dans la connaissance des temps. Il prend pour un de ses exemples un problème qui a occupé les Euler, les Bernouilli; il examine le cas des oscillations d'un corps pesant assujéti à se mouvoir sur une courbe, et tenant à un corps mobile : il détermine, dans ce cas, la courbe qui jouit de la propriété du tautochronisme, et il arrive à un résultat curieux sur la cycloïde. Il nous est impossible de donner à ces détails une étendue proportionnée à leur importance; nous nous bornerons à dire que le volume est terminé par une exposition qui renferme les démonstrations de tous les grands principes de la mécanique. Ces divers principes avaient été mentionnés et vérifiés plusieurs fois dans le corps de l'ouvrage, mais ils n'y étaient considérés que sous des points de vue particuliers; l'auteur a cru devoir réserver la démonstration générale pour le temps où ses lecteurs y seraient suffisamment préparés par des études antérieures.

M. Charles Dupin, officier du génie maritime, associé étranger de l'Institut de Naples et correspondant de l'Académie, lui présente les ouvrages suivans :

OUVRAGE IMPRIMÉ.

Analyse du tableau de l'Architecture navale militaire, aux XVIII^e^ et XIX^e^ siècles, par M. DUPIN.

Cet écrit est l'exposé très-succinct du plan général de l'ouvrage et des matières traitées dans la première partie seulement. Cette première partie traite de l'architecture d'un vaisseau en général; la seconde traite de l'*Architecture comparée* des différentes espèces de bâtimens de guerre, depuis le vaisseau du premier rang, jusqu'au moindre canot. L'auteur n'a présenté à l'Académie que les deux volumes in-4° qui composent la première partie; l'un offre le tableau de la structure d'un vaisseau complet, de sa mâture, de sa voilure, de son gréement, de son arrimage, de son installation, et de son armement; l'autre offre le tableau des travaux de construction d'un vaisseau, depuis l'établissement de son chantier, jusqu'à son entier achèvement, sa mise à l'eau, son entrée dans un bassin ou son abattage en caréne, son carénage, etc. Vingt planches grand atlas accompagnent cette première partie, un pareil nombre doit acccompagner la seconde. Aucun des ouvrages connus sur l'architecture navale ne présente un plan aussi vaste.

MÉMOIRES MANUSCRITS.

M. Dupin a présenté à l'Académie deux Mémoires qui font suite à ses *développemens de Géométrie*, dont ils sont l'application à la théorie mathématique du tracé des routes.

Dans le premier, l'auteur considère les routes comme destinées à joindre des points isolés et en nombre fini, sur des surfaces d'une courbure arbitraire.

Dans le second, il suppose que les routes doivent servir au

transport par élémens infiniment petits de masses continues, linéaires, superficielles ou solides. Ces problèmes sont ceux qu'offrent les travaux de déblais et de remblais, considérés dans leur plus grande généralité. M. Monge avait traité la question en supposant les routes constamment rectilignes; M. Dupin la résout en supposant que les routes soient assujéties à suivre les inflexions d'un terrain courbe quelconque.

Un troisième Mémoire annoncé par l'auteur contient l'application des théories précédentes à la réflexion des faisceaux de lumière, par une suite de miroirs dont la forme et la position sont complétement arbitraires.

Enfin M. Dupin a soumis à l'Académie la description qu'il a faite en visitant l'arsenal de Rochefort, des machines inventées et exécutées dans cet arsenal, par M. Hubert, ingénieur de marine très-distingué. Les plus remarquables de ces machines, qui rendent de grands services et présentent des moyens fort ingénieux, sont les moulins à scie et à drague.

Voyage de découvertes aux terres australes, exécuté sur les corvettes le Géographe, le Naturaliste, et la goëlette le Casuarina, pendant les années 1800, 1801, 1802, 1803, *et* 1804, *sous le commandement du capitaine de vaisseau N. Baudin. — Navigation et Géographie, rédigé par M.* Louis Freycinet, *capitaine de frégate, correspondant de l'Institut de France, commandant du Casuarina pendant l'expédition, avec un atlas.* (Imprimerie Royale, 1815.)

« Sans doute cette expédition a été contrariée de mille ma-
« nières; on peut dire même qu'il n'en est point de ce genre
« qui, dans les temps modernes, ait été plus pénible; mais les
« résultats dont elle a enrichi les sciences ne la rendent-ils pas
« d'autant plus honorable pour ceux qui l'ont entreprise et

« poursuivie avec constance? » Cette question n'en sera pas une pour ceux qui, comme nous, liront en entier l'ouvrage dont nous annonçons le premier volume, qui en suivront tous les détails, et qui prendront connaissance des méthodes d'observation, de calcul et d'exécution que l'auteur expose avec une étendue et une bonne foi bien faites pour inspirer la confiance. Par-tout il indique les sources où il a puisé, les auteurs des descriptions qu'il adopte et ceux des journaux qu'il a dû compulser, et par-fois concilier, quand ils n'offraient que des opinions divergentes.

Un navigateur anglais, à la mémoire duquel il se plaît à rendre un juste hommage, le capitaine Flinders, a réclamé le droit de première découverte relativement aux parties sud-ouest de la Nouvelle-Hollande; mais, en lui accordant cette priorité, qui n'a jamais été contestée ni par Péron, ni par lui, M. Freycinet lui oppose avec raison qu'il n'a pu avoir aucune connaissance des travaux des Anglais qu'après son retour en France, et que l'exploration dont il fait l'histoire (et à laquelle il a pris une part si active et si honorable), n'en est pas moins un travail de *découvertes*. Quant à la nomenclature, il était impossible qu'elle fût la même, puisqu'il n'y avait eu aucune communication; on sait trop à cet égard quelle est l'habitude des navigateurs, qui se permettent souvent de changer de dénominations imposées et publiées par leurs devanciers, ce qui est alors sans excuse. Mais Flinders et ses compatriotes n'ont pas tout fait, il reste encore à faire après les Français; quand l'exploration sera tout-à-fait achevée, quand on pourra donner un travail complet sur ces régions, encore si peu connues, et sur cette navigation difficile et périlleuse, c'est alors qu'on pourra faire une répartition véritablement impartiale, et laisser définitivement aux terres, aux îles, aux presqu'îles, aux baies et aux caps les noms imposés par ceux qui les premiers les auront aperçus et décrits, et qui en auront fixé les longitudes et les latitudes, les gissemens et la configuration des côtes.

Ce volume est divisé en quatre livres. Le premier offre l'itinéraire et le plan général du travail. Ce n'est pas dans un voyage de ce genre que l'on est exposé à trouver cette sécheresse dont l'auteur croit devoir se disculper d'avance; les dangers de toute espèce qui se succèdent ne soutiennent que trop l'intérêt et l'attention du lecteur : à cet égard même, l'expédition commandée par Baudin offre quelques caractères qui lui sont particuliers. Le parti que prend le capitaine de délaisser un canot envoyé à une reconnaissance, son départ à l'instant même où la goëlette *le Casuarina* venait se rejoindre à lui, après une expédition pour laquelle il ne lui avait donné que vingt jours, et l'affectation avec laquelle il paraît l'éviter quand elle le poursuit, qu'elle est en vue et toute prête à l'atteindre, donneraient à penser que Baudin cherchait les occasions de se débarrasser de quelques collaborateurs qui n'étaient pas tous également de son choix, parce qu'il était loin de porter un intérêt égal à toutes les parties de la vaste entreprise qui lui était confiée. Mais ce capitaine a succombé aux fatigues de son expédition; il n'est pas là pour rendre raison des motifs qui expliqueraient ce que sa conduite paraît avoir d'inconcevable : en la condamnant sans l'avoir entendu, nous nous exposerions nous-mêmes à ce reproche de malveillance dont nous chargerions sa mémoire.

Le livre second est consacré aux descriptions géographiques et nautiques, c'est-à-dire à l'énumération des points aperçus et à la masse d'observations que le temps et les circonstances ont permis de rassembler pour chacun d'eux. On y traite de la terre de Diémen et du détroit de Bass, on trouvera une reconnaissance complète d'une grande terre, qui a exigé deux campagnes pénibles et difficiles; des découvertes intéressantes sur des développemens de côtes de plus de trois cents lieues chacun; des détails curieux sur la Nouvelle-Galles du sud, le port Jackson, sur plusieurs îles du grand archipel d'Asie, et notamment sur

celle de Timor ; des observations de marées irrégulières et extraordinaires ; de déclinaison et d'inclinaison de l'aiguille aimantée, sans parler d'une foule de notions nautiques ou géographiques dont l'extrait nous conduirait trop loin.

Le livre troisième offre l'analyse des cartes, et l'on y remarquera le Mémoire où M. Boullanger donne des exemples des calculs auxquels il s'est livré pour constater la marche des montres marines, et corriger les distances de la lune des erreurs des tables lunaires ; car ces erreurs, quelque petites qu'on les suppose, ont encore des résultats sensibles sur des déterminations auxquelles on voudrait pouvoir assurer le plus haut degré d'exactitude.

Les longitudes sont fixées relativement à quatre points principaux : 1° le fort Concordia dans l'île de Timor ; 2° la pointe Banelong, à Sidney-Cove, au port Jackson ; 3° l'observatoire de Bernier, près d'un cap de l'île de Crès ; 4° enfin la pointe des hauts fonds, sur la presqu'île Péron, baie des Chiens-Marins. Ces longitudes ont été déterminées par des distances lunaires orientales et occidentales pour les trois premières, et orientales seulement pour la quatrième. Les corrections pour les erreurs de tables ont été — 14′. 38″ — 13′. 28″ — 13′. 31″ + 6′. 57″. Pour le port nord-ouest (canal d'Entre-Casteaux) et la pointe Maugé (île Maria) les corrections étaient — 17′. 4″ et + 3′. 13″. Les longitudes intermédiaires ont été calculées d'après la marche corrigée des montres.

Il existe de forts bons préceptes pour la levée des plans et des cartes marines ; mais, pour les pratiquer, il faut que le navigateur soit maître des mouvemens de son vaisseau : s'il n'a point l'autorité suprême, il faut qu'il se borne à tirer le meilleur parti de la position où il se trouve, et qu'il cherche, par la multitude des observations, à compenser autant qu'il est en lui ce qu'il y a d'irrégulier dans la direction qu'on lui imprime. Les routes des bâtimens ont été estimées par les moyens ordinaires, mais avec

des soins qu'il est difficile de surpasser. On avait remplacé par des montres les sabliers ou ampoulettes dont on se sert encore le plus souvent, et dont il serait temps de proscrire entièrement l'usage. Les erreurs de l'estime ont été resserrées par tous les moyens connus, et sur-tout par ceux que fournissent l'astronomie et la trigonométrie : on en jugera par l'exemple détaillé que l'auteur donne de la méthode qu'il a suivie, et qui prouve la constance avec laquelle il s'est livré à ce travail ingrat et pénible.

L'auteur passe ensuite à l'examen des cartes qui composent son atlas, et dont le nombre total est 32, mais outre les grandes divisions, elles offrent des plans particuliers de différens points remarquables, en sorte que le nombre des articles destinés à en rendre un compte particulier, se monte à 143. Pour le tracé sur le cuivre, on a suivi, en les améliorant sensiblement, les procédés pratiqués et indiqués par Fleurieu.

Le livre IV a pour titre, *Résultats généraux*. Il contient des tables où l'on trouve, jour par jour, la longitude et la latitude du vaisseau, les degrés du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre, la direction et l'intensité du vent, l'état du ciel, la déclinaison de la boussole, les points lunaires et solaires, et des remarques diverses; des tables des positions déterminées dans le cours entier de l'expédition ; des tables des marées; enfin, des tables des courans de la marée, observés à bord, près de différentes côtes. Pour la partie typographique, il nous suffira de rappeler que l'ouvrage sort des presses de l'Imprimerie Royale. Quant à l'atlas, on n'a rien négligé pour que l'exécution fût digne de l'entreprise qu'il est destiné à perpétuer.

Voyages d'Ali-Bey el Abbassi, en Afrique et en Asie, pendant les années 1803, 4, 5, 6 *et* 7, *dédiés au Roi, trois vol. in*-8°, *avec un atlas.*

« Ali-bey el Abbassi (dont nous annonçons l'ouvrage, et dont « le portrait est en tête du premier volume) est reconnu en « Asie et en Afrique comme fils d'Othman-Bey, prince des Ab- « bassides. Dévoré du besoin d'apprendre, et doué des dispo- « sitions les plus heureuses, dès sa plus tendre enfance, il vint « faire ses études en Europe, il y acquit des connaissances « étendues, qu'il appliqua ensuite à la pratique de l'astronomie, « de la géographie, et de l'histoire naturelle. » A ces lignes, que nous copions dans la préface, nous ajouterons, d'après le compte verbal que nous avons entendu faire à l'Académie du contenu de cet ouvrage, que l'éditeur M. B. est connu très-avantageusement par plusieurs Mémoires relatifs à quelques circonstances des voyages qu'il publie aujourd'hui, et même par des observations astronomiques, et des positions géographiques insérées dans plusieurs volumes de la connaissance des temps. Quant à la personne du voyageur, nous voyons encore dans sa préface, qu'on a voulu plusieurs fois élever des doutes sur son origine. A ces soupçons il oppose les marques d'estime qu'il a reçues de l'empereur de Maroc, même après qu'on eut voulu le noircir auprès de ce prince, la manière dont il fut accueilli à Tripoli, au Caire, par le schérif de la Mecque, par le pacha d'Acre, et d'autres grands personnages ; mais, sans entrer le moins du monde dans une discussion qui nous est étrangère, il nous suffit d'indiquer brièvement les principaux faits qui ont pu nous apporter des connaissances nouvelles. Et l'on ne peut nier qu'un Musulman, reconnu pour tel, voyageant dans des pays où tout Européen est plus ou moins suspect, ne soit très-propre à nous donner sur les usages, les mœurs, et les pratiques religieuses de ces peuples des

notions qui par-tout ailleurs ne nous inspireraient pas autant de confiance. Ces détails pourront être appréciés par un plus grand nombre de lecteurs; mais ce qui a dû particulièrement fixer l'attention de l'Académie, ce sont les observations astronomiques, géographiques, et météorologiques, la direction des routes suivies par les caravanes, dans lesquelles il se rencontre bien rarement des voyageurs en état de faire ou de publier de semblables remarques. On voit même que plus d'une fois notre Musulman a été contrarié dans ses projets scientifiques, soit par les préjugés de ceux qui l'entouraient, soit par d'autres soins qui étaient le but principal du voyage, et qui pour nous n'en feraient que la partie accessoire, quand bien même l'auteur aurait voulu nous donner les renseignemens qu'il a réservés pour d'autres temps.

La nature des contrées et leur sol sont décrits, comme ils peuvent l'être, par un observateur attentif, qui n'a pas toujours la possibilité de s'arrêter où il voudrait, et moins encore, celle de faire les excursions qu'il jugerait convenables; mais il détermine au moins, par la boussole, tous les détours du chemin, et il fournit, de distance en distance, des points dont la longitude et la latitude sont déterminées par des observations exactes, auxquelles il joint la déclinaison de l'aiguille aimantée.

L'ouvrage est divisé en trois volumes, qui forment autant de parties distinctes.

Le premier contient le séjour d'Ali-Bey dans les états du roi de Maroc; il est terminé par de nouvelles conjectures sur l'Atlantide. Mais après avoir médité sur ce nouveau système, comparé à tout ce qu'on a écrit déja sur le même sujet, on se rappelle le mot d'Aristote qui, comparant cette fiction de l'Atlantide à celle du mur construit par les Grecs, pour se fortifier contre les attaques d'Hector, ajoute que *le poëte qui l'a créé, l'a détruit lui-même de manière à n'en pas laisser subsister le moindre vestige.* Ces conjectures sont suivies d'autres qui pourraient avoir

un fondement plus réel; il s'agit de l'existence d'une mer intérieure au milieu de l'Afrique, et qui ressemblerait à la mer Caspienne. Le voyageur s'attache à fortifier son idée par des calculs et par la réunion de tous les témoignages qu'il a pu recueillir, mais, malgré ses efforts, elle est de nature à rester long-temps problématique.

Le second volume contient le voyage à Alexandrie, des détails nouveaux et curieux sur l'île de Chypre. Le pélerinage de la Mecque, la description du Temple, et de la Kaaba ou maison de Dieu; il est terminé par une notice sur les Wehhabis, et leurs principes religieux.

Dans le troisième on voit la tentative malheureuse du voyageur pour pénétrer à Médine, le voyage plus heureux à Jérusalem, la description du Temple dont l'entrée est interdite aux Chrétiens, et enfin des renseignemens pleins d'intérêt sur Damas et Constantinople.

L'atlas est composé de 89 planches, parmi lesquelles on distinguera celles qui sont relatives aux temples de la Mecque et de Jérusalem, la carte du royaume de Maroc, l'Afrique septentrionale, la côte d'Arabie sur la Mer-Rouge, enfin celle de l'itinéraire d'Ali-Bey.

Mélanges d'Analyse algébrique et de géométrie, par M. J. DE STAINVILLE, *répétiteur-adjoint à l'école polytechnique. Madame veuve* Courcier, 1815.

L'objet de l'auteur a été de développer quelques points d'analyse qui lui ont paru susceptibles d'être étendus et simplifiés.

On sait que le calcul algébrique conduit souvent par des routes certaines et infaillibles à des résultats dont il est impossible de douter, mais qui étonnent et inquiètent le calculateur jusqu'à ce qu'il soit parvenu à donner du paradoxe une explication

naturelle qui ne laisse plus rien à desirer. Nous en avons un exemple bien célèbre dans le cas irréductible des équations du troisième degré; tous les géomètres se sont empressés de l'éclaircir. Après tout ce qu'ils ont dit, on verra encore avec plaisir l'explication nouvelle qu'en donne M. de Stainville. Nous en dirons autant de la méthode qu'il a trouvée pour le quatrième degré, de tous les détails qu'il donne sur le binome de Newton, de la manière simple et nouvelle dont il se sert pour arriver aux formules qui expriment les sinus, cosinus et tangentes d'un nombre d'angles quelconques, ou pour démontrer les théorêmes de Côtes et de Taylor, enfin de ses problêmes divers sur la cycloïde, l'hyperbole, et la logarithmique. Dans tous ces développemens, l'auteur fait un usage heureux de considérations géométriques, dont l'avantage est de ramener à un petit nombre de principes des vérités qui paraissaient d'abord très-compliquées. Le lecteur qui les ignore en aura la pleine intelligence avec moins de travail; celui qui les sait depuis long-temps sentira d'autant mieux l'intime connexion qui lie entre elles toutes les parties de la science analytique, et permet d'arriver aux mêmes théorêmes par tant de voies si différentes.

ANALYSE

Des Travaux de l'Académie Royale des Sciences, pour les années 1813, 1814, 1815.

PARTIE PHYSIQUE.

PAR M. LE CHEVA CUVIER, SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

PHYSIQUE ET CHIMIE.

ON a vu, dans notre analyse de 1811, comment, en accélérant l'évaporation par le vide et par la présence d'un corps très-absorbant, M. Leslie d'Edimbourg était parvenu à faire congeler l'eau en toute saison. Ce physicien a imaginé depuis un appareil qui a été montré à l'Académie par M. Pictet, son correspondant, et où l'on peut à volonté, et instantanément, faire congeler l'eau ou lui rendre sa liquidité. Pour cet effet on place de l'eau sous la cloche pneumatique, dans un vase dont le couvercle se lève ou s'abaisse, au moyen d'une tige qui traverse le haut de la cloche; lorsqu'on découvre cette eau, cédant à l'action des causes qui la vaporisent, elle se gèle, et quand on la recouvre, la chaleur environnante la rend en peu d'instans à son premier état.

Notre confrère, M. Gay-Lussac, qui a répété devant l'Académie l'expérience de M. Leslie, a rappelé un fait bien connu, qui rentre dans le même ordre; c'est le froid qui se produit dans certaines machines d'où on laisse échapper de l'air condensé; il a prouvé qu'en toute saison, il suffit que l'air ait été condensé du double pour donner de la glace; et il croit qu'on pourrait s'en

procurer aisément ainsi dans les pays chauds, en condensant l'air au moyen d'une chûte d'eau.

On peut en employant des corps plus évaporables que l'eau, arriver à des degrés de froid véritablement étonnans, et à faire geler non seulement le vif argent, mais l'esprit de vin le plus pur; c'est à quoi est parvenu M. Hutton, d'Edimbourg, qui a remarqué à cette occasion que, dans l'alcool le plus rectifié, la congélation séparait encore des matières assez différentes. M. Configliacchi, professeur à Pavie, a congelé le mercure par la seule évaporation de l'eau. Nous devons également la première communication de ces expériences à M. Pictet.

On croyait que cette pression de l'air, dont l'influence est si puissante pour retarder l'évaporation des liquides, retardait aussi la dissolution des sels, ou, ce qui revient au même, accélérait leur cristallisation quand ils étaient dissous; et en effet, une dissolution saturée de sel de glauber, ou sulfate de soude, qui conserve sa liquidité quand elle refroidit dans le vide, cristallise aussitôt qu'on lui donne de l'air; mais M. Gay-Lussac s'est assuré qu'il s'en faut de beaucoup qu'il en arrive autant à tous les sels, et que même, pour la sulfate de soude, le phénomène ne tient point à la cause qu'on alléguait. Quand on intercepte le contact de l'air par une couche d'huile, par exemple, la cristallisation se retarde comme lorsqu'on supprime sa pression en faisant le vide; tandis qu'au contraire la pression d'une colonne de mercure n'accélère en rien cette cristallisation. Une dissolution qui traverse du mercure dont l'air a été chassé par l'ébullition, ne cristallise point, et si elle traverse du mercure ordinaire, elle se prend aussitôt. Des secousses, l'introduction d'un petit cristal, et beaucoup d'autres causes, déterminent la cristallisation, quelle que soit la pression. Ainsi M. Gay-Lussac conclut que ce n'est point par sa pression que l'air diminue le pouvoir dissolvant de l'eau. Il s'est assuré aussi que ce n'est point en

absorbant de l'air que l'eau perd de ce pouvoir, mais il pense que c'est un phénomène plus ou moins analogue à celui de l'eau pure, qui, comme on sait, reste liquide à quelques degrés au-dessous de son vrai point de congélation, toutes les fois que l'on peut empêcher qu'elle ne soit agitée, et qui se prend aussitôt qu'on lui imprime le plus léger choc.

La source la plus évidente de chaleur sur le globe consiste dans les rayons du soleil; mais on a remarqué depuis long-temps que ces rayons divisés par le prisme ne donnent pas tous une chaleur égale, et M. Herschel, le célèbre astronome, reconnut, il y a quelques années, que leur pouvoir d'échauffer va en augmentant du violet au rouge; il assure même qu'en dehors du spectre, il se trouve encore des rayons qui, sans être lumineux, jouissent d'un pouvoir échauffant plus fort que celui des rayons rouges. MM. Ritter, Bœckman et Wollaston annoncèrent, peu de temps après, que le pouvoir des rayons lumineux, pour opérer certains changemens chimiques, est distribué dans un ordre inverse, et s'exerce sur-tout dans le rayon violet et en dehors de ce rayon.

M. Berard, jeune chimiste de Montpellier, qui a répété avec beaucoup de délicatesse et de précision ces deux genres d'expériences, en a reconnu l'exactitude à plusieurs égards; il a même trouvé que le pouvoir chimique de la lumière va en diminuant à mesure qu'on se rapproche du milieu du spectre, et qu'il s'évanouit au-delà. Mais, selon lui, c'est à l'extrémité du rayon rouge que réside le *maximum* du pouvoir échauffant, et en dehors du spectre il diminue. M. Bérard a constaté encore que ces propriétés appartiennent à la lumière réfléchie par les glaces, et à celle qui a été divisée par le spath d'Islande, comme à la lumière directe.

On n'a pas obtenu des résultats aussi décisifs sur le pouvoir d'aimanter le fer, attribué au rayon violet par M. Morichini,

savant chimiste romain. Quoique les aiguilles exposées à ce rayon aient paru s'aimanter dans certaines expériences, elles n'ont point éprouvé cet effet dans une infinité d'autres, sans que l'on puisse jusqu'à-présent se rendre compte des raisons de cette différence, car, dans les deux cas, on avait soigneusement éloigné toutes les autres causes connues pour pouvoir produire l'aimantation. Il est vrai que l'été de 1813 n'a pas favorisé ce genre de recherches à cause de son peu de sérénité.

De tous les phénomènes que la chaleur présente, la dilatation qu'elle produit dans les corps est celui dont les lois se laissent le plus naturellement exprimer par des formules mathématiques, et la connaissance de ces lois, qui fait une partie essentielle de la physique, est encore très-importante dans une foule d'expériences chimiques. M. Biot s'en est beaucoup occupé, et, prenant pour terme de comparaison la dilatation du mercure, il trouve que la dilatation vraie des autres liquides peut toujours se rendre par la somme de cette dilatation, de son quarré et de son cube, en multipliant chacun de ces trois termes par un coëfficient particulier, qu'il faut déterminer pour chaque liquide, mais qui, une fois déterminé, reste le même à tous les degrés. Comme la substance du thermomètre qui contient le liquide qu'on observe, se dilate aussi, la dilatation apparente est différente de la vraie; néanmoins M. Biot montre qu'elle se fait selon une loi semblable. Il calcule ensuite, après les expériences de M. Deluc, les coëfficiens convenables pour huit des liquides dont il est le plus nécessaire de bien connaître les lois, et fait voir que, ces coëfficiens une fois obtenus, sa formule donne la dilatation de chaque degré aussi-bien que l'expérience. Enfin il en a fait l'application aux dilatations combinées du vase et du liquide, et a fait voir que l'on peut démêler les effets qui appartiennent au liquide et à son enveloppe, et apprécier leur influence avec assez d'exactitude pour retrouver, par le seul calcul, tous les résultats

observés; en sorte que le calcul pourra désormais dispenser, dans une infinité de cas, de l'observation immédiate, et que l'on pourra faire entrer avec confiance ses données dans les élémens des phénomènes. C'est un avantage d'autant plus grand que ces sortes de recherches sont d'une délicatesse excessive, et que, si l'on n'y met la plus grande attention, une foule de causes aisées à reconnaître, mais presque impossibles à écarter, y troublent continuellement l'observateur.

C'est ce qu'a fait observer M. Charles, dans une belle suite d'expériences qu'il a faites avec un instrument de son invention, pour rendre sensible et mesurable le *maximum* de dilatation de l'eau, et qui, se trouvant répondre exactement aux formules de M. Biot, ajoutent à la confiance qu'on leur doit, et achèvent de faire voir qu'elles pourront être employées avec sûreté.

Il existe depuis long-temps une discussion entre les chimistes, sur le moment où l'alcool se forme dans le vin : le plus grand nombre pensait autrefois que l'alcool ou esprit de vin était un produit essentiel de la fermentation; mais M. Fabbroni, correspondant de l'Académie, a soutenu une opinion contraire. Selon lui, ce n'est qu'accidentellement, et lorsqu'elle excite trop de chaleur, que la fermentation engendre de l'alcool; mais dans les vins ordinaires, on ne produit l'alcool que par la chaleur qu'on leur imprime pour le distiller; et la principale preuve qu'il en donne, c'est qu'on ne peut pas le retirer de ces vins par la potasse, quoiqu'elle y fasse reconnaître la moindre parcelle d'alcool qu'on y aurait introduite exprès.

M. Gay-Lussac a cherché à faire revenir à l'opinion ancienne, en faisant voir que la potasse démontre aussi l'alcool naturel au vin, quand on le débarrasse auparavant par la litharge, des principes qui l'y enveloppaient, et s'opposaient à sa séparation, et que l'on peut obtenir ce liquide spiritueux en distillant le vin à

une température de quinze degrés, laquelle est inférieure de beaucoup à celle de la fermentation ordinaire.

Cependant on pouvait craindre que M. Gay-Lussac n'eût opéré sur des vins où la fermentation aurait primitivement développé de l'alcool, comme il convient lui-même qu'elle le fait quelquefois; ou sur des vins dans lesquels des marchands infidèles auraient mis de l'eau-de-vie. Pour prévenir cette objection, il a fait lui-même du vin avec des raisins, et en a conduit la fermentation. Il a trouvé de l'alcool, comme dans tout autre.

M. Gay-Lussac a aussi fait voir que l'on peut obtenir l'alcool absolu de Richter en employant la chaux vive, ou mieux encore la baryte au lieu de muriate de chaux.

Le savon est, comme chacun sait, la combinaison d'un alcali avec un corps gras, mais on n'avait point assez examiné quelle altération le corps gras éprouve dans cette union.

M. Chevreul, aide naturaliste au muséum d'histoire naturelle, s'est occupé de cette recherche, et a été conduit à plusieurs observations nouvelles et curieuses. Ainsi le savon de potasse et de graisse de porc dissous dans l'eau, laisse un dépôt nacré, qui, séparé des substances salines qu'il contient encore, donne une matière douée de propriétés fort particulières, et que M. Chevreul a nommée *margarine*, à cause de sa couleur de perle. Insoluble dans l'eau, cette matière se dissout abondamment dans l'alcool chaud; elle fond à 56°, et cristallise par le refroidissement en aiguilles du blanc le plus pur : elle se combine à la potasse, et reprend alors le caractère du dépôt nacré; son affinité avec cet alcali est plus grande que celle de l'acide carbonique qu'elle chasse de son carbonate de potasse, quand on l'aide de l'ébullition : elle enlève aussi la potasse au tournesol qu'elle fait passer à la couleur rouge.

On conçoit que les combinaisons qui se trouvent ordinairement dans la nature, sont celles à qui la grande affinité de leurs

principes donne une certaine stabilité, et que des circonstances peu communes ont seules le pouvoir de disjoindre; tandis que celles qui n'ont pas cette propriété ne peuvent être que des productions momentanées du hasard, ou des tentatives des chimistes; et plus les combinaisons que ceux-ci découvrent se multiplient, plus celles qui leur restent à trouver doivent être fugitives et sujettes à être détruites par la moindre cause étrangère : c'est ce qui a occasionné les accidens dont l'histoire de la chimie offre tant d'exemples, et contre lesquels on doit prendre d'autant plus de précautions que les recherches dont on s'occupe sont plus élevées et plus difficiles.

M. Dulong, professeur de chimie à Alfort, a pensé devenir l'année dernière une de ces victimes du zèle pour la science, mais son danger a été récompensé par une belle découverte, celle d'une combinaison de l'azote avec l'acide oxymuriatique, qui présente les propriétés les plus singulières. Pour l'obtenir, il faut présenter à l'acide oximuriatique, ou au *chlorine*, comme l'appellent aujourd'hui les chimistes anglais, de l'azote, non point à l'état de gaz, mais à une combinaison quelconque, dans un sel ammoniacal, par exemple, pourvu que l'acide de ce sel ne soit pas assez volatil pour être déplacé par l'oxymuriatique. M. Dulong fait passer un courant de gaz oxymuriatique dans une dissolution d'un tel sel, et il obtient une sorte d'huile d'un jaune fauve, plus pesante que l'eau, même salée, qui s'évapore promptement à l'air, et qui détonne par la chaleur, à l'air libre, avec un bruit plus fort que celui d'un mousquet. Le cuivre la décompose en s'emparant de l'acide, et en dégage l'azote, d'où l'on voit assez quels en sont les principes. Mais ce qui en rend l'étude effrayante, c'est que la moindre parcelle que l'on en met en contact avec une substance combustible, avec le phosphore par exemple, produit une explosion violente, et brise tous les appareils. C'est un nouvel exemple, et, à ce qu'il paraît, le plus

énergique de tous, de ces combinaisons où le calorique, qui tenait les élémens à l'état de gaz, reste avec eux lorsqu'ils se reduisent à l'état liquide ou solide, circonstance que l'acide oxymuriatique offre plus souvent qu'aucun autre. M. Dulong se proposait de déterminer la proportion des deux principes de cette nouvelle matière, et sa manière d'agir sur d'autres corps, et notamment sur les métaux; mais les accidens que ce jeune chimiste a éprouvés à deux reprises, et dont le second l'a privé d'un œil, ont dû retenir son ardeur de savoir, et pour l'intérêt même des sciences qu'il peut encore si bien servir, l'Académie l'a engagé à porter sur d'autres objets la sagacité dont il a fait preuve.

Cette même substance a pensé priver la chimie de l'un de ses plus illustres soutiens, M. le chevalier Humphry Davy, secrétaire de la Société royale, qui, jeune encore, a déja fait des découvertes nombreuses et brillantes, et particulièrement celle de la métallisation des alcalis et des terres, qui ouvre un nouveau champ à tant de branches de sciences naturelles.

Une matière également bien remarquable est celle qui s'est offerte récemment à M. Courtois, salpétrier à Paris. MM. Clément et Désormes l'ont montrée à l'Académie, et M. Gay-Lussac a fait sur elle des expériences instructives. On la retire des eaux mères de la soude du varech par l'acide sulfurique et la distillation. Refroidie et condensée, elle a le grenu, le brillant et la couleur grisâtre de la plombagine. Tant qu'elle n'a pas été purifiée, elle se fond à soixante-dix degrés de chaleur; mais quand on l'a purifiée en la dissolvant en excès par la potasse, et en la distillant, elle ne fond qu'à une chaleur beaucoup plus forte. Sa propriété la plus frappante est de s'élever en une vapeur, ou plutôt en un gaz du plus beau violet, parfaitement homogène et transparent. La chaleur rouge, l'oxygène, ni le charbon n'agissent sur elle; elle s'unit aux métaux et à leurs oxides, et

ces combinaisons se dissolvent dans l'eau; avec l'ammoniaque elle produit une poudre fulminante; l'hydrogène sulfuré la décolore, et en forme un acide puissant, d'où on la précipite de nouveau par l'acide oxymuriatique, le sulfurique ou le nitrique. En un mot, sa manière de se comporter avec les réactifs est tellement comparable à celle de l'acide oxymuriatique, ou chlorine, que l'on peut lui adapter de même une double théorie, c'est-à-dire, que l'on peut considérer la nouvelle substance comme une combinaison d'un acide particulier et indécomposable avec une quantité surabondante d'oxigène; ou, d'après la nouvelle manière de voir de M. Davy, la regarder, ainsi que le chlorine, comme une substance simple, qui donnerait un acide en se combinant avec l'hydrogène. Dans le premier système, il faut supposer, comme on le fait aussi par rapport à l'acide oxymuriatique, que l'hydrogène s'unit à l'oxygène surabondant, et forme avec lui de l'eau qu'aucun moyen ne peut enlever à l'acide ainsi désoxygéné. En effet, ce qui a engagé M. Davy à changer la théorie reçue de l'acide oxymuriatique, c'est que l'hydrogène le réduit en acide muriatique ordinaire, sans que l'on puisse saisir l'eau que cet hydrogène aurait dû former, si, comme on le croyait, il n'avait fait qu'enlever l'oxigène à l'acide oxymuriatique. M. Davy applique une théorie analogue et fondée sur les mêmes raisons aux composés fluoriques.

Ce savant chimiste, nommé tout récemment correspondant de l'Académie, lui a présenté un Mémoire sur cette même substance, où il insiste sur ses rapports avec l'acide oxymuriatique, et sur les motifs qui l'engagent à les regarder l'un et l'autre comme des corps simples, capables, aussi-bien que l'oxygène, de brûler et d'acidifier les substances combustibles. Ainsi, lorsque la nouvelle matière (que l'on paraît être convenu de nommer *iode*, d'après la couleur de son gaz) se combine avec le potassium ou métal de la potasse, il se montre une belle flamme

bleue, mais il ne se développe aucun gaz; si, au contraire, on dissout le potassium dans l'acide d'iode, il se développe de l'hydrogène, et il en est de même des autres métaux. M. Davy attribue la formation de cet acide par le phosphore, à l'humidité qui adhère toujours à l'iode, et qui se décompose; il n'est d'ailleurs parvenu par aucun procédé à retirer de l'oxygène de l'iode, ni de son acide, ni à faire agir l'oxygène sur l'un ou sur l'autre, ni à les faire agir eux-mêmes sur le carbone, ni à décomposer l'iode par la pile; mais l'iode, comme le chlorine, forme avec les alcalis des composés ternaires, savoir d'iode, du métal de l'alcali, et d'oxigène, lesquels détonnent avec le carbone, et pourront être employés aux mêmes usages que le nitre.

La poudre détonnante que MM. Clément et Désormes ont obtenue de l'iode par l'ammoniaque, est, selon M. Davy, un composé d'iode et d'azote, en sorte que ce serait l'analogue de cette matière terrible produite par M. Dulong, en combinant l'azote au chlorine.

Un autre fabricant, éclairé par les lumières de la chimie, M. Tassaert, a fait une remarque qui peut devenir de conséquence dans les arts : ayant construit depuis quelque temps le sol de ses fours à soude avec du grès, il a observé en le démolissant une matière bleue, que l'on n'y voyait point quand ils étaient faits en brique, et dans laquelle M. Vauquelin a trouvé presque tous les principes et toutes les propriétés de l'outremer, en sorte que notre savant confrère ne désespère point qu'en suivant cette indication, l'on ne puisse parvenir quelque jour à imiter la nature dans la formation de cette couleur précieuse. M. Pelletan fils a fait remarquer à ce sujet qu'il se manifeste, en beaucoup de circonstances, dans la fabrication de la soude, un bleu plus ou moins intense, que la calcination ne détruit point, et que cette couleur apparaît principalement lorsque du fer se trouve en contact avec de la soude non encore entièrement débarrassée d'acide sulfurique.

Le platine brut, tel qu'on l'apporte du Pérou, est un corps très-composé; outre le platine pur, métal noble, plus pesant et aussi inaltérable que l'or, il contient du fer, du cuivre, du mercure, et les recherches successives de MM. Wollaston, Tennant, Descostils, Fourcroy, et Vauquelin, y ont démontré, depuis dix ans, la présence de quatre métaux, distincts de tous ceux que l'on connaissait auparavant; on les a nommés *palladium*, *rhodium*, *osmium*, et *iridium*.

M. Vauquelin a repris cette année l'étude de ces substances, et a lu un Mémoire sur les méthodes les plus convenables pour obtenir le *palladium* et le *rhodium* dans leur état de pureté.

Après avoir précipité la plus grande partie du platine de sa dissolution nitro-muriatique par l'ammoniaque, il met dans le résidu des lames de fer qui en précipitent les autres métaux; employant successivement à froid l'acide nitrique et le muriatique; et sublimant ensuite, il enlève au précipité la plus grande partie du cuivre, du mercure et de l'*osmium*, qui le forment, ainsi que du fer qui s'y trouve mêlé. Un peu du platine restant, du *palladium*, et même du *rhodium*, est aussi enlevé par ces acides, parce qu'il s'en est précipité à l'état d'oxide, car à l'état métallique ils n'auraient pu être dissous; d'un autre côté, il reste encore du cuivre et du fer dans le précipité, parce qu'ils y sont unis intimement aux autres métaux, et protégés par eux. Pour enlever tous les restes de platine, M. Vauquelin dissout de nouveau par l'acide nitro-muriatique, et précipite par l'ammoniaque, il obtient alors un sel de platine d'un jaune assez pur. Evaporant le résidu jusqu'à siccité, et le traitant par l'eau, il reste un sel rouge encore en grande partie formé de platine, et la liqueur se trouve ainsi à-peu-près débarrassée de ce métal. On étend alors la solution aqueuse, on y ajoute un peu d'acide, on y verse assez d'ammoniaque pour ne pas saturer entièrement, on agite, et l'on voit paraître à l'instant une grande quantité d'aiguilles brillantes

et d'un beau rose. C'est un muriate d'ammoniaque et de *palladium*, qu'il suffit de chauffer au rouge, pour avoir le *palladium*. S'il y est joint un peu de fer et de *rhodium*, on l'en débarrasse par la digestion dans l'eau légèrement aiguisée d'acide muriatique. Le résidu de la liqueur contient le *rhodium* et quelques restes de *palladium*, de cuivre, et de fer; pour avoir le premier, on fait cristalliser, on broie les cristaux, on les débarrasse, par des lotions répétées d'alcool, des sels de cuivre, de fer et même de *palladium*. Celui de platine, s'il en reste encore quelque parcelle, se sépare en dissolvant dans l'eau légèrement acide muriatique. Enfin, par une dernière évaporation, il reste le sel de *rhodium* d'un rouge magnifique, qu'il suffit de chauffer au rouge pour avoir ce métal.

On ne pouvait arriver par une méthode plus ingénieuse ni plus simple à séparer tant de substances diverses, et retenues ensemble par des liens si puissans. On voit qu'elle se fonde principalement sur ce que le muriate d'ammoniaque et de *palladium* est insoluble dans l'eau même acidulée, et qu'il se précipite aussitôt qu'il se forme, et sur ce que l'alcool, qui dissout le muriate de cuivre et celui de fer, ne dissout point le muriate d'ammoniaque et de *rhodium*.

Pendant que M. Vauquelin étudiait ainsi deux des métaux unis au platine, M. Laugier, son collègue au muséum d'histoire naturelle, s'occupait d'un troisième et peut-être du plus curieux de tous, l'*osmium*, dont l'oxide se volatise à la chaleur de l'eau bouillante, ne donne aucune couleur à l'eau distillée, n'en diffère point à l'œil, mais répand une odeur piquante, et agit sur le nerf olfactif, de manière à altérer pour plusieurs jours le sens de l'odorat. Ces propriétés et d'autres non moins singulières faisaient regretter aux chimistes qu'il fût si difficile d'obtenir ce métal en quantité un peu considérable, et M. Laugier a satisfait à leur vœu jusqu'à un certain point. Quand on a dissous le pla-

tine dans l'acide nitro-muriatique, il reste une poudre noire; composée d'*iridium* et d'*osmium*, et jusqu'à-présent c'était cette poudre seulement qui fournissait de l'*osmium* aux chimistes; mais M. Laugier s'étant aperçu que l'acide, qui a servi à dissoudre le platine, et que l'on en sépare de nouveau par la distillation, répand une forte odeur d'*osmium*, a supposé qu'il contenait de ce métal, et il a trouvé en effet qu'en saturant l'acide par des alcalis caustiques, mais sur-tout par la chaux, et en distillant le mélange, on obtient à peu de frais une dissolution chargée d'une quantité notable d'*osmium*, qui auparavant était entièrement perdue.

Nous avons parlé en 1808 des essais heureux que l'on a faits dans les mines des environs de Liège, pour obtenir en grand le zinc à l'état malléable, et de l'avantage que l'on pourrait en tirer pour remplacer le plomb dans les couvertures, et dans quelques autres de ses emplois. On aurait voulu aussi pouvoir le substituer au cuivre étamé dans lequel on prépare les alimens, et à l'étain qui sert pour les mesures des liquides; mais MM. les ministres de l'intérieur et de l'administration de la guerre ayant consulté l'Académie à ce sujet, les sections de chimie et de médecine ont trouvé que le zinc est trop dissoluble par les acides les plus légers, par les graisses, et même par l'eau pure, et que les sels qu'il forme sont trop âcres, et dans certains cas excitent trop les intestins, pour qu'on puisse employer ce métal sans inconvéniens à ces divers genres de service. M. Sage a fait en son particulier des expériences qui lui ont donné à connaître que l'eau distillée tenue dans des vases de zinc y prend une saveur styptique très-marquée, et que des sucs de fruits cuits dans ces mêmes vases en dissolvent une partie et forment des sels assez abondans qui en rendent le goût désagréable; ce qui est d'autant plus fâcheux, que les mines dont il est question ne contiennent point d'arsenic comme il y en a dans quelques autres, et que

sous ce rapport il n'y avait rien à en redouter. On en a eu une nouvelle preuve dans l'analyse que M. Sage a faite de cette mine et qu'il a lue à l'Académie.

MM. Vauquelin et Thénard ont donné une analyse de l'eau minérale de Provins, d'où il résulte qu'elle contient par litre :

Carbonate de chaux	0,554
Fer oxidé	0,076
Magnésie	0,035
Manganèse	0,017
Silice	0,026
Sel marin	0,042
Acide carbonique, 27 pouces $\frac{5}{10}$	

et une quantité inappréciable de muriate de chaux et de matière grasse, mais que l'acide sulfurique, que l'on y avait soupçonné, n'y existe point du tout.

M. Thénard a fait paraître le premier volume d'un Traité élémentaire de chimie, où cette science, qui fait journellement tant de progrès, et à qui M. Thénard lui-même en a fait faire de si grands, se trouve exposée dans son état du moment. L'auteur y range les faits d'après le degré de simplicité des corps auxquels ils appartiennent; après y avoir parlé des agens impondérables, il traite de l'oxygène et de la théorie de la combustion, et passe ensuite aux corps combustibles, à leurs combinaisons entre eux, et à celles qu'ils contractent un à un avec l'oxygène. Ces dernières se divisent, selon leurs propriétés, en oxides et en acides, et les acides fluorique et muriatique y sont rangés d'après les idées ordinaires qui en font des corps oxygénés. C'est à eux que s'arrête cette première partie d'un ouvrage que la marche rapide de la science a rendu nécessaire sitôt après d'autres bons ouvrages sur le même sujet, et dont on ne peut que desirer vivement la prompte terminaison.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

La méthode de l'observation positive devient de plus en plus dominante en géologie, et l'on acquiert chaque jour des notions plus précises sur les terrains qui composent les divers pays, sur les lois générales de leur superposition, et sur les corps organisés dont ils renferment des restes.

Les couches pierreuses qui ne recèlent que des coquilles d'eau douce, dont MM. Cuvier et Brongniart ont découvert une si grande étendue aux environs de Paris, et que MM. Brongniart, Omalius de Halloy, Marcel de Serres, Daudebart de Férussac, etc. ont retrouvées dans une infinité d'autres contrées, ont particulièrement excité l'attention, et ont engagé les naturalistes à faire des recherches pour distinguer les coquilles d'eau douce de celles des eaux saumâtres et des eaux salées. MM. de Férussac et Marcel de Serres ont donné chacun un Mémoire sur cette question. Les espèces seules, dit le premier, peuvent être alléguées en preuve, et non les genres, car la plupart des genres ont des espèces marines et fluviatiles; les variétés même ne sont pas indifférentes à étudier, car la même espèce, d'après les observations de l'auteur, change quelquefois de forme au point de devenir méconnaissable pour quiconque n'aurait pas observé ses différens passages, et la difficulté augmente quand il s'agit de déterminer les coquilles à l'état fossile, où l'épiderme, les poils et tous les autres caractères de peu de solidité ont disparu.

Il est des espèces, sur-tout parmi les operculées, qui vivent dans les deux eaux, et que l'on trouve en conséquence plus abondamment vers l'embouchure des fleuves; et l'on observe, parmi les fossiles, des traces de cette habitude, car nos bancs d'eau douce contiennent en certains endroits une espèce de *potamide*, genre qui a coutume de se tenir ainsi vers les embouchures.

M. Marcel de Serres a visité exprès les étangs d'eau saumâtre des bords de la Méditerranée, pour examiner les coquilles qui les habitent; il y a observé des paludines fort semblables à celles qui forment de grands bancs aux environs de Mayence, où l'on trouve avec elles plusieurs coquilles marines. Un géologiste, qui avait confondu ces paludines avec un des bulimes de nos terrains d'eau douce, en avait conclu que ces derniers sont aussi marins que les autres; mais M. de Serres relève cette méprise, et montre qu'il s'agit non-seulement d'espèces, mais de genres différens.

Cet observateur a recherché les limites de ces voyages des animaux et des plantes, de l'eau salée vers l'eau douce, et réciproquement; il a reconnu qu'aucun animal, ni même aucune plante ne résiste à une salure de huit degrés; il a distingué, soit parmi les animaux, soit parmi les plantes, les espèces qui ne se plaisent aux bords de la mer qu'à cause du sable qui s'y trouve, et qui peuvent vivre aussi dans d'autres endroits sablonneux; celles qui n'y sont attirées et retenues que par le sel, et qui vivent très-bien près ou dans les lacs ou étangs salés de l'intérieur des terres; et enfin celles qui ont besoin de la mer telle qu'elle est, et s'en écartent peu.

Ces observations prouvent qu'il n'est pas toujours facile de décider si une coquille est marine ou d'eau douce; mais elles n'infirment en rien le fait des couches immenses où il n'existe que des coquilles bien reconnues pour être d'eau douce; elles expliquent même comment l'on trouve aussi de ces coquilles éparses dans des bancs marins.

M. de Serre range les lignites ou bois bituminisés parmi les fossiles, qui sont le plus souvent mêlés de coquilles de terre et d'eau douce, ce qui achève de rendre vraisemblable que ces bois ont crû dans les lieux mêmes où ils sont aujourd'hui enfouis, et s'accorde avec tous les autres faits qui montrent que la surface

actuelle du globe était à sec, et peuplée d'animaux et de végétaux terrestres, avant la dernière irruption des mers.

Deux jeunes et habiles naturalistes, MM. Desmarets et Léman, ont retrouvé, dans les terrains d'eau douce de nos environs, jusqu'à des coquilles de ces petits entomostracées qu'on a nommés *Cypris*, et jusqu'à des graines du genre de plante connu sous le nom de *Chara*. Avant eux, on prenait ces graines pour des coquilles, et on leur avait imposé le nom de *Gyrogonites*.

Le système géologique des environs de Paris, qui a fait l'objet principal des observations et des découvertes de MM. Brongniart et Cuvier, est aujourd'hui étudié avec une grande attention par beaucoup de savans naturalistes. MM. de Tristan et Bigot de Morogue en ont décrit avec soin les parties qui avoisinent la Loire, et M. Omallius de Halloy, ingénieur des mines, en s'aidant de leurs recherches et de celles qu'avait faites plus anciennement notre confrère M. Desmarets, s'est occupé d'en tracer exactement toutes les limites, et d'en dresser une carte. Les couches de ce système déposées sur la craie, représentent un trapèze irrégulier et curviligne, dont le côté méridional, parallèle à la Loire, longe cette rivière au sud depuis Cosne jusqu'au-dessous de Blois; le côté oriental passe près des villes de Montargis, de Nemours, de Montereau, de Villenoxe, de Sézanne, d'Epernay, de Laon, de Crépy, de La Fère; le côté septentrional, près de celles de Chauny, de Noyon, de Compiègne, de Clermont, de Beaumont, de Chaumont et de Gisors; enfin le côté occidental descend par Mantes, Houdan, Epernon, Auneau, et longe le Loir jusqu'auprès de Vendôme, d'où il va rejoindre la Loire à Blois. Tout cet espace est entouré de craie, et la craie dans laquelle M. de Halloy a reconnu trois modifications bien distinctes, est entourée elle-même, excepté vers la mer, d'un calcaire compacte plus ancien qu'elle, qui forme une grande partie du Berry, de la Bourgogne et de la Lorraine jusqu'aux Vosges, et qui reparaît

au-delà de la Forêt Noire, jusqu'en Franconie et en Hesse. Les formations du système de Paris étendent sur cette craie diverses ramifications, et l'agriculture, l'industrie, toutes les ressources de chaque lieu sont souvent déterminées par l'ordre géologique de son sol. M. de Halloy n'a pas mis moins de courage que de sagacité à recueillir les matériaux de son travail, car il a parcouru tout ce pays à pied, visitant les lieux les plus inaccessibles quand il pouvait en espérer quelque instruction, et ne se laissant effrayer ni par le mauvais temps, ni par les mauvais gîtes.

M. Brongniart, correspondant de l'Académie, a visité une partie de la France également fort intéressante pour la géologie, celle qui forme aujourd'hui le département de la Manche, et M. de Halloy, qui s'y est rendu après lui, a confirmé et complété une partie de ses observations. De la description que M. Brongniart donne des roches de ce pays et de leur position mutuelle, il résulte que ce que l'on y regardait comme des granites proprement dits, appartient à cet autre genre de roche, nommé *syénite* par M. Werner, et caractérisé par l'amphibole qui entre dans sa composition, aussi-bien que par sa formation beaucoup plus récente que celle du vrai granite. Ces syénites de la Manche reposent sur des schistes et sur d'autres roches bien postérieures au granite; il paraît même qu'en certains endroits elles ont sous elles du calcaire contenant des débris de corps organisés, fait qui serait analogue à ceux que M. de Buch a observés en Norwège, et d'où l'on pourrait conclure qu'il y a encore eu des précipitations de roches cristallisées, après la manifestation de la vie dans les eaux qui enveloppaient anciennement le globe.

M. Brongniart, qui s'occupe d'un Traité général de géologie, a présenté le plan d'après lequel il se propose d'y distribuer les *roches*, c'est-à-dire ces aggrégations de minéraux qui composent la croute actuelle du globe telle que nous la connaissons. Y appliquant les principes reconnus aujourd'hui par tous les natura-

listes, il veut que les bases et les détails de toute sa méthode reposent sur des caractères pris dans les roches mêmes, et qu'elles portent avec elles, et il rejette tous ceux que l'on pourrait prendre de leur position mutuelle sur le globe, laquelle appartient à leur histoire mais non pas à leur division systématique; il sépare des roches et laisse avec les minéraux simples les matières minérales qui paraissent simples à l'œil nud, et dont l'hétérogénéité ne se manifeste que par des lavages et d'autres opérations qui, sans pouvoir être appelées des analyses chimiques, altèrent cependant l'apparence et le tissu de ces matières; telles sont les schistes, l'argile, etc. Les roches ainsi réduites, ou comme s'exprime M. Brongniart, les *roches mélangées* se subdivisent en *cristallisées* et en *aggrégées;* les premières ont leurs parties en proportions à-peu-près égales, ou bien l'une de ces parties y domine sur les autres : dans le premier cas on établit les genres selon les substances essentielles, c'est-à-dire qui s'y trouvent constamment; dans le second selon la base, c'est-à-dire la substance dominante : et dans l'un et l'autre cas le nombre des substances composantes et la structure résultante de leur mode d'union, servent à distinguer les espèces. Les roches aggrégées se divisent selon que le ciment qui les unit est plus ou moins apparent, et selon la nature de ce ciment et celle des grains qu'il empâte.

Dans ce travail, si important pour servir de base à l'Histoire proprement dite des roches, l'auteur a conservé presque par-tout les noms que leur a donnés M. Haüy dans l'arrangement qu'il en a fait au Muséum d'histoire naturelle.

M. Brongniart a aussi donné connaissance à l'Académie de la division qu'il croit devoir établir entre les roches considérées par rapport aux époques de leurs formations, et aux restes de corps organisés qu'elles renferment, et qui sont les indices les mieux marqués de ces époques. Au-dessous de tous les autres,

se trouvent les terrains granitiques sans corps organisés, les plus anciens que nous connaissions; les terrains qui les recouvrent ne contiennent encore des débris d'êtres organisés qu'en petit nombre, et presque tous de la classe des zoophytes; une troisième série, celle des terrains syénitiques, n'en présente plus, comme si leur production avait été momentanément interrompue; dans la quatrième commencent à paraître les coquilles, et principalement celles que l'on a appelées cornes d'Ammon, et qui appartiennent à la famille des sèches; les cinquième et sixième classes de terrains se caractérisent par les gryphites et les cerites, qui dominent parmi leurs coquilles. Enfin il est des terrains dont la distribution est tellement irrégulière, qu'on ne peut les classer dans l'ordre des temps; ce sont les roches trapéennes d'une part, et de l'autre celles qui résultent des éjections des volcans. Dans tous ces groupes sont mêlés des terrains de transport, produits des mouvemens violens qu'occasionnaient les révolutions successives, et indicateurs assez justes du moment où chacune a commencé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE ET BOTANIQUE.

Le phénomène si connu de la chûte des feuilles en automne, est encore le sujet de quelques discussions par rapport à ses causes, et donne encore lieu à diverses observations sur ses variétés. Ainsi M. Carnot, membre de la section de mécanique, mais dont l'esprit observateur ne néglige rien de ce qui lui paraît pouvoir fournir des sujets de méditations, ayant remarqué que certains arbres commencent à se dépouiller par le haut de leur cime, et d'autres par le bas, M. Palisot de Beauvois, membre de la section de botanique, a recherché la raison de cette différence. Il a trouvé qu'en général les espèces où la pousse automnale consiste en de simples prolongations des extrémités des rameaux,

se dépouillent d'abord par le bas, et que celles où cette pousse se fait par de petits rameaux latéraux, commencent à se dépouiller par le haut, ou, en d'autres termes, que les feuilles venues les dernières sont aussi les dernières qui tombent. Duhamel, qui avait fait une remarque analogue, s'étonnait que ces feuilles qui doivent être plus tendres résistassent davantage à la gelée; c'est que ce n'est point essentiellement la gelée qui fait tomber les feuilles, mais que leur chûte est un effet nécessaire et coordonné à toute la marche de la végétation, et que, soit par le développement du bourgeon, soit par une altération intérieure et préparée par la nature, le pétiole se détache quand le progrès de sa nutrition a amené le moment où doit se dissoudre le tissu qui lui servait de lien. Aussi, quand un arbre, par une cause quelconque, vient à périr dans la saison de la végétation, ses feuilles conservent leur adhérence.

On sait que plusieurs fleurs s'ouvrent et se ferment à des heures déterminées, et que la chaleur et l'humidité ont une grande influence sur ce phénomène; M. Desvaux, botaniste à Paris, a fait à cet égard des observations sur les *mésembrianthemums*, plantes où ces mouvemens alternatifs sont si remarquables, qu'on en a tiré leur nom générique, et il a trouvé que la cause en réside, non pas dans la corolle, comme on le croyait, mais dans le calice, qui, en se fermant, force la corolle à obéir à ses contractions, au point que, si l'on retranche le calice, la corolle reste épanouie la nuit comme le jour.

M. de Mirbel, notre confrère, nous a présenté cette année deux séries de recherches; la première sur la graine et sur les membranes qui la revêtent; la seconde sur le *péricarpe*, c'est-à-dire sur le réceptacle où la graine est logée. Il a d'abord examiné jusqu'à quel point l'on peut regarder comme exacte l'analogie établie par Malpighi, entre les tuniques qui revêtent dans la matrice le fœtus des animaux, et celles qui enveloppent la graine

des plantes. L'embryon composé de la plumule et de la radicule étant considéré comme un fœtus, Malpighi crut reconnaître dans le *testa*, ou tunique extérieure, le représentant du *chorion*, et dans le *tegmen*, ou tunique intérieure, celui de l'*amnios;* le périsperme lui parut représenter la liqueur qui remplit l'amnios, et dans laquelle le fœtus nage. M. de Mirbel trouve au contraire que, dans les premiers temps, la graine n'est qu'un tissu cellulaire mucilagineux et continu, dont une partie devient d'abord l'embryon, et dont le reste forme ensuite le périsperme et les tuniques séminales, sans qu'à aucune époque on puisse dire que l'embryon nage dans une liqueur. L'état mucilagineux de ce tissu et sa transparence auront donné lieu, à ce qu'il croit, à la comparaison peu juste de Malpighi.

M. de Mirbel, passant à l'examen du péricarpe, est parvenu à en ramener les formes à une loi générale, qui, déterminant ce qu'il y a d'essentiel dans cette partie du végétal, réduit presque à rien les anomalies qu'elle semblait offrir dans certaines familles. Le type général de toute capsule péricarpienne lui a paru pouvoir se représenter par une petite boîte applatie par les côtés, et composée de deux valves dont l'union forme deux bords ou deux sutures, une plus courbe et l'autre plus droite; à cette dernière suture adhèrent les petites graines, et par elles passent les vaisseaux qui vont à ces graines, soit du corps de la plante, soit du style ou de l'organe qui leur transmet l'action fécondante. Cette disposition est sensible dans les gousses des légumineuses, telles que les haricots, les pois, etc. On l'aperçoit encore fort bien dans les noyaux des amandes, des pêches, des cerises, etc., où l'un des côtés a toujours un sillon et quelquefois un canal qui indique le passage des vaisseaux. M. de Mirbel donne le nom de *camare* à une telle capsule simple. Les plantes que nous venons de citer n'en ont qu'une par fleur. Quand il y en a plusieurs, leurs sutures seminifères ou vasculaires sont tou-

jours du côté de l'axe idéal du fruit, et, si on se les représente soudées ensemble, elles forment une seule boîte péricarpienne divisée en plusieurs loges, et portant les graines le long de son axe central.

C'est ainsi que, dans une même famille, les camares sont tantôt distinctes, tantôt réunies selon les genres, comme on le voit dans les ranonculacées, les rutacées; c'est encore ainsi que certaines camares soudées d'abord, se séparent à l'époque de la maturité, comme dans la rose trémière, l'euphorbe, le *hura crepitans*, etc.

Une fois ces idées admises, l'on trouve que des péricarpes très-différens au premier coup-d'œil, ne sont cependant que des modifications assez légères d'un dessein commun; mais, comme il arrive aussi de-là que des familles très-éloignées ont des péricarpes très-semblables, on ne peut tirer que rarement de cette partie des caractères propres à bien grouper les plantes.

Il n'en est pas ainsi de la structure intérieure des graines, qui diffère beaucoup d'un groupe à l'autre, et fort peu dans l'intérieur du même groupe; et c'est en partie ce qui a décidé M. Mirbel à diviser la famille des orangers de M. de Jussieu en quatre familles, savoir : les *aurantiacées*, déja fort bien circonscrites par M. Correa; les *olacinées*, qui comprennent l'*olax*, le *fissilia*, le *heisteria* et le *ximenia*; les *théacées*, où se placent le thé et le *camelia;* et les *ternstromiées*, qui renferment le *ternstromia* et le *fresiera.*

Dans la famille des *olacinées* n'est point compris le *ximenia ægyptiaca*, dont M. Delille a fait, avec raison, un nouveau genre sous le nom de *Balanites.* Ce végétal, qu'on ne sait encore où classer, a présenté à M. Mirbel un caractère qui est peut-être unique dans toute la végétation. On connaît ce corps glanduleux qui est placé sous le pistil de beaucoup de fleurs, et auquel les botanistes ont donné le nom de *disque* ou de *nectaire;* il existe

dans les *balanites* sous la forme d'une bourse à jetons; le pistil y est d'abord renfermé tout entier et ne paraît point; mais en grossissant, il écarte les bords de la bourse, et se montre au jour.

M. Henri de Cassini, fils de l'un de nos confrères, dont nous avons annoncé l'année dernière une suite considérable d'observations sur le style et le stigmate de la grande famille de plantes connues sous les noms de *composées*, de *syngénésies* et de *synanthériées;* pénétré du principe développé par les naturalistes philosophes, qu'une classification, pour donner des idées justes des êtres, doit reposer sur l'ensemble de leurs caractères, a porté cette année ses recherches sur les étamines de la même famille, où il a découvert plusieurs particularités ignorées des botanistes. Aucun d'eux, par exemple, n'avait remarqué l'articulation qui partage le filet dans le voisinage de l'anthère, caractère que M. de Cassini a trouvé beaucoup plus constant que celui de l'union des anthères entre elles. Il nous promet incessamment ses observations sur la corolle, l'ovaire, le péricarpe, et la graine; et comme on ne peut douter qu'il n'ait mis à ces recherches la même attention qu'à celles qu'il a déja communiquées, nulle famille de plantes ne sera aussi-bien connue. La botanique aura tout à attendre d'un aussi habile observateur, lorsqu'après avoir ainsi étudié une famille si naturelle, que l'on peut presque la regarder comme un grand genre, il exercera sa sagacité sur ces familles équivoques, dont les caractères variés rendent les limites incertaines.

La physiologie végétale, comme toutes les autres sciences, offre de ces questions difficiles dont la nature ne fournit pas de solution évidente, et qui feront encore long-temps l'objet des discussions des savans.

Telle est entre autres celle de l'existence des sexes dans les plantes connues sous le nom de *cryptogames*. Bien des botanistes, rebutés par la difficulté d'en découvrir les organes, en

sont venus à penser que ces végétaux pourraient se passer de sexes, et se propager par des bulbes ou par de simples bourgeons, aussi-bien que certains animaux, tels que les polypes, où la reproduction se fait incontestablement ainsi. D'autres, au contraire, frappés de la complication de l'appareil de reproduction dans les fougères, dans les mousses, etc., ne peuvent croire qu'un genre de propagation aussi simple que celui des bourgeons, ait pu rendre nécessaires des organes si multipliés et si variés. Ils cherchent donc à retrouver les étamines, le pollen, le pistil, les graines, les embryons, et tous ces agens de fécondation si reconnaissables dans les plantes ordinaires; mais comme l'analogie de forme les abandonne, quoiqu'ils se réunissent sur le principe, ils divergent dans les applications : ce que les uns prennent pour le pollen, d'autres le regardent comme la semence, ou réciproquement; de sorte que ces *sexualistes* (comme ils se nomment) n'ont guère moins de contestations entre eux qu'avec leurs adversaires communs ou les *agamistes*.

Nous avons déja rendu compte dans nos rapports précédens de plusieurs de ces discussions. Cette année en a vu renaître une partie à propos d'un grand travail de M. Desvaux sur la famille des *lycopodes*. On sait que ces plantes (récemment séparées des autres mousses par les botanistes) portent dans de petites capsules une poussière jaunâtre fort combustible, qui est bien connue sous le nom de *poudre de lycopode*, et dont on fait plusieurs usages. Sa ressemblance avec la poudre des anthères la fait considérer par M. de Beauvois comme un véritable pollen. Cependant, selon quelques observateurs, elle ne crève pas dans l'eau comme le pollen; et, de l'aveu de tous, quand on la répand sur la terre, elle lève, et donne des lycopodes. Mais la première propriété n'est pas d'une nature essentielle, et M. de Beauvois attribue la seconde à de petits globules qu'il a distingués parmi cette poussière, et qu'il regarde comme de petits bulbes

ou bourgeons; en sorte que, selon lui, ce ne serait pas la poussière jaune qui leverait, mais quelques-uns de ces bourgeons que l'on n'aurait pu en séparer. Quant aux véritables semences que le pollen serait destiné à féconder, M. de Beauvois les trouve dans d'autres capsules placées tantôt entre, tantôt au-dessous des premières, et ne contenant que des petits grains ronds, transparens et plus gros que ceux de la poudre jaune. Mais ces capsules particulières ne se sont encore trouvées que dans un tiers environ des espèces de lycopodes, et on les a vainement cherchées dans les autres.

M. Desvaux, à-peu-près d'accord sur les faits avec M. de Beauvois, en conteste les conséquences : il ne voit dans la poussière jaune que des bulbes ou bourgeons, ou, comme il les appelle, des *propagules*, lesquelles n'ont pas besoin de fécondation pour germer. Les autres grains observés par M. de Beauvois ne sont probablement, dit-il, à en juger par leur petit nombre, leur transparence et leur figure variée et irrégulière, que des propagules avortées.

M. de Beauvois répond en faisant voir que toutes les définitions que les plus savans botanistes ont données de la graine, sont applicables à ces globules; et partant du principe que l'existence d'une graine suppose celle du sexe féminin, et que l'existence d'un sexe suppose celle de l'autre, il se maintient dans ses premières idées.

Son adversaire réplique qu'une définition nominale, formée d'après les idées reçues, ne peut décider un procès où ces idées mêmes sont mises en contestation, et que les caractères visibles de structure, reconnus dans toutes les graines, sont loin de pouvoir être vérifiés ici, à cause de la petitesse de l'objet.

On voit que la discussion commence à devenir métaphysique. Le seul moyen de la juger aux yeux des physiologistes difficiles, serait d'opérer la fécondation de ce qu'on regarde comme des

pistils, par le moyen de ce qu'on regarde comme du pollen, mais qui pourrait se flatter de faire sur des organes si déliés l'expérience qui a si bien démontré l'existence des sexes dans les plantes ordinaires.

M. Desvaux a donné d'ailleurs une distribution méthodique de tous les lycopodes connus, en ajoutant quelques subdivisions à celles qu'avait établies M. de Beauvois dans un travail précédent sur la même famille, et en prenant pour bases principales l'existence des deux sortes de capsules et la division des capsules en loges plus ou moins nombreuses.

M. de Candolle, correspondant de l'Académie et professeur à Montpellier, a fait connaître des champignons parasites d'un nouveau genre, qu'il nomme *rhizoctones*, ou *mort des racines*, parce qu'ils s'attachent aux racines des plantes, et les font périr assez rapidement. M. Persoon avait réuni sous le nom de *sclerotium* les fongosités charnues à l'intérieur comme les truffes, mais dépourvues de ces veines qui donnent à la chair des truffes une apparence marbrée. Hedwig en avait séparé les *érysiphes* qui vivent à la surface des feuilles, mais on pouvait encore observer dans ceux qui restaient des caractères suffisans pour en faire deux genres : les uns, qui ne sont pas essentiellement parasites, et naissent dans les fumiers et les plantes décomposées, n'ont à leur surface ni fibres ni racines; les autres (et ce sont les *rhisoctones*) émettent des filamens simples ou branchus, vivent sur les racines des plantes vivantes, les attaquent par l'extérieur, et les épuisent en absorbant leur nourriture. Ils se multiplient avec rapidité au moyen de ces filamens qui les propagent d'une plante à l'autre, et causent ainsi des maladies contagieuses dont plusieurs de nos cultures ont beaucoup à souffrir. On n'en connaissait bien qu'une espèce, qui produit la maladie trop fameuse en Gâtinois, sous le nom de *mort du safran*. Une autre, que M. de Candolle décrit pour la première fois, exerce ses ravages sur la

luzerne, dont ses filets d'une belle couleur de laque embrassent étroitement les racines : les pieds attaqués se fanent, jaunissent et meurent promptement; et comme le champignon se propage en rayonnant, l'on voit bientôt dans les champs de luzerne des espaces circulaires assez larges ainsi décolorés. L'auteur conseille de creuser tout autour des endroits infectés des fossés assez profonds pour que les filamens cramoisis ne puissent aller plus loin, en observant de rejeter la terre du fossé en dedans du cercle, afin de ne pas étendre le mal en voulant le guérir.

L'une des plus grandes difficultés de la botanique consiste à bien fixer les limites des espèces, et à ne point regarder comme telles les variétés produites par le sol et le climat; et le principal moyen d'éviter ce genre d'erreurs, est de ne point admettre parmi les caractères des espèces les particularités d'organisation dont on a constaté par le fait la mutabilité. M. Desvaux ayant appliqué cette méthode aux rosiers, et s'étant aperçu que plusieurs de leurs prétendues espèces ne diffèrent entre elles que par des caractères qui varient souvent sur le même individu, est parvenu à réduire de beaucoup les espèces nominales de ce genre. Il a fait voir, par exemple, que la rose sauvage la plus commune (*rosa canina*) offre jusqu'à vingt-une variétés, dont les différences pourraient être exprimées par des descriptions, mais qui passent insensiblement les unes dans les autres, et que treize de ces variétés ont été indûment élevées au rang d'espèces par certains auteurs : six autres prétendues espèces sont également déchues de ce rang, et ramenées à la *rose des Alpes;* cinq à la *rose des haies*, etc. La même sévérité, portée dans toute l'histoire naturelle, la simplifierait et l'éclaircirait beaucoup; mais il faudrait pour cela que les naturalistes s'exerçassent aux recherches critiques, et renonçassent au vain honneur d'augmenter sans cesse la liste des espèces connues. Dans l'état actuel de la science, il y aurait certainement plus de peine, plus d'utilité, et plus de gloire, à diminuer cette liste.

M. Delille, membre de l'Institut d'Egypte, a lu à l'Académie une histoire bien intéressante des plantes cultivées et sauvages de ce pays fameux. Il la destine à faire partie du grand ouvrage sur l'Egypte, auquel tant de talens ont concouru, et qui se publie avec une magnificence proportionnée à la grandeur d'une entreprise dont il sera le monument le plus durable. L'auteur distingue les plantes propres à l'Egypte de celles qu'y apportent les inondations du Nil et les vents du désert, et de celles qui lui sont communes avec des pays voisins ou éloignés; il fixe les limites assignées à chaque espèce dans cette longue et étroite vallée, par les latitudes, par la qualité plus ou moins saline, plus ou moins sablonneuse du sol; il fait connaître les variations produites par chaque sol sur les plantes qui croissent dans plusieurs, et il expose avec soin les espèces cultivées et les attentions que chacune exige en raison de la constitution toute particulière à cette contrée peut-être unique dans son genre sur le globe.

Nous regrettons beaucoup qu'un ouvrage essentiellement composé de détails ne se prête point à une analyse aussi abrégée que l'exigent les bornes qui nous sont prescrites.

M. de Candolle a publié une *Théorie élémentaire de la botanique*, où il explique toutes les variétés de forme et de combinaisons des organes, ainsi que les termes qui les expriment; où il établit les règles de toute nomenclature raisonnable, et où il donne une théorie générale des méthodes de distribution, et particulièrement de celle que l'on nomme *naturelle*, parce qu'elle est fondée sur les rapports essentiels des végétaux entre eux. Il entre à ce sujet dans plusieurs considérations qui lui sont propres sur la valeur de ces rapports et sur les organes et les conformations d'organes où ils doivent être puisés; il propose des vues nouvelles sur des différences en apparence très-considérables entre certains végétaux, et qui ne tiennent cependant

qu'à l'avortement ou à la soudure de quelques-uns de leurs organes. Partant des espèces où cet avortement ou cette soudure sont manifestes pour les moins clairvoyans, il conduit habilement à d'autres espèces où l'on peut encore les apercevoir, quoique moins aisément, et il n'a qu'un pas à faire pour arriver à des avortemens ou à des soudures que l'analogie indique lorsque la vue ne peut plus les saisir, et dont l'admission ressemble à ces hypothèses auxquelles les physiciens sont obligés de recourir quand les faits les abandonnent, pour ne point laisser de lacunes dans l'ensemble de leurs développemens. C'est un moyen qui pourrait être dangereux en des mains moins adroites que celles de M. de Candolle, mais dont il a fait en général un emploi aussi modéré qu'ingénieux; son ouvrage ne peut que rendre de grands services en introduisant de plus en plus l'esprit philosophique dans une partie de l'histoire naturelle trop livrée à la routine, et qui, malgré tous les progrès que lui ont récemment fait faire de grands maîtres, compte encore parmi ceux qui la cultivent un trop grand nombre d'imitateurs serviles.

M. de la Peyrouse, correspondant et professeur à Toulouse, a publié une *Histoire abrégée des Plantes des Pyrénées*, en un volume in-8°. Cet ouvrage, qui manquait à la botanique, est principalement dû aux nombreux voyages faits par l'auteur dans cette chaîne intéressante, et comprend les descriptions abrégées de toutes les espèces qui y ont été observées soit par lui, soit par ses prédécesseurs, rangées selon le système de Linnæus, avec l'indication des lieux où elles croissent, et des meilleures figures que l'on en possède. C'est un complément important à la Flore française, et un guide utile pour ceux qui voudront visiter ces montagnes.

ZOOLOGIE, PHYSIOLOGIE ANIMALE, ET ANATOMIE.

Il n'est pas étonnant que l'histoire des animaux marins soit encore, proportion gardée, celle qui est susceptible de plus d'accroissemens. Traversant à leur gré dans tous les sens les profondeurs de l'abyme, ils échappent à l'homme de toutes les manières, et même lorsqu'il s'en rend maître, il a peu d'occasion de les comparer entre eux; ainsi tel poisson peut avoir été vu successivement par plusieurs observateurs, et avoir passé chaque fois pour nouveau, lorsque ses premières descriptions n'étaient pas assez complètes, ou lorsqu'on négligeait de les rassembler et de les étudier.

M. Cuvier a présenté à l'Académie quelques recherches sur des poissons ainsi oubliés ou multipliés dans les catalogues des naturalistes. L'un d'eux, remarquable par sa grande taille, très-connu en Italie sous les noms d'*umbra*, ou de *fegaro*, en Provence et en Languedoc, sous celui de *poisson royal*, l'était beaucoup autrefois à Paris sous celui de *maigre;* il y avait même donné lieu à quelques proverbes populaires; aujourd'hui, par des causes que l'on ignore, il est devenu rare dans la Manche, et on n'en apporte presque plus dans la capitale. Les naturalistes du seizième siècle l'ont très-bien décrit, et Duhamel, dans le dix-huitième, en a encore traité fort au long. Néanmoins nos auteurs systématiques, ou l'ont donné comme nouveau, ou l'ont confondu avec des espèces plus petites et plus communes. Outre sa description extérieure, M. Cuvier a donné son anatomie, et principalement celle de sa vessie natatoire, fort curieuse par les productions branchues placées le long de ses deux côtés.

Une autre espèce, qui a été reproduite dans les ouvrages des naturalistes jusqu'à six fois, et comme autant d'espèces particulières, est un petit poisson de la Méditerranée, que sa couleur

rouge et sa forme générale ont fait nommer *roi des rougets* ou *rouget imberbe* (*mullus imberbis* L. *Apogon rouge* Lacép.) mais qui a plus de rapport avec les perches qu'avec les rougets.

M. Noël de la Morinière, qui s'occupe depuis plusieurs années d'un traité sur les poissons utiles, a présenté à l'Académie un Mémoire à-peu-près de même nature que les deux précédens, où il fait l'histoire d'une espèce fort négligée par les naturalistes, quoique si nombreuse en certaines saisons dans le golfe de Gascogne, que les seuls pêcheurs de l'Ile-Dieu en prennent annuellement plus de 14,000 individus pesant de 30 à 80 livres chacun. C'est le *germon* ou *grande-oreille* des matelots français, ou l'*ala-longa* des pêcheurs de Sardaigne (*scomber-ala-longa* Gm.) (1), ainsi nommé, parce que le principal caractère qui le distingue du thon (*scomber-thynnus*) consiste en des nageoires pectorales extrêmement longues et pointues. Commerson ayant trouvé, près de Madagascar, un poisson qui porte le même caractère, lui a appliqué le nom de *germon*, et a été suivi en cela par M. le comte de Lacépède; en sorte que le germon d'Europe est maintenant désigné plus spécialement par le nom d'*ala-longa*. Il restait à savoir si le germon d'Europe et celui de Madagascar sont d'espèce différente : l'éloignement des lieux le faisait présumer, et M. Geoffroi Saint-Hilaire l'a reconnu en comparant le dessin du second laissé par Commerson, avec la description du premier faite par M. Noël, et un dessin qu'en a laissé le père Plumier. Il sera bon néanmoins que ce résultat soit confirmé un jour par une comparaison effective des deux poissons.

M. Cuvier a encore présenté à l'Académie un poisson peu connu, récemment pêché dans le golfe de Gênes, long de plus de quatre

(1) Gmelin ayant imprimé par méprise *ala-tunga*, ce mot corrompu s'est glissé dans la plupart des ouvrages postérieurs.

pieds, de la forme d'une lame de coutelas, et remarquable surtout par une crête élevée, surmontée d'une espèce de longue corne qu'il porte sur la tête, et par des nageoires ventrales excessivement petites placées sous ses pectorales. On n'en avait qu'une description incomplète par feu M. Giorna, naturaliste de Turin (1), qui avait imposé au genre le nom de *lophote*, et avait consacré l'espèce à M. le comte de Lacépède, comme un hommage que lui doivent tous ceux qui s'occupent d'ichtyologie.

M. Huber, de Genève, fils de l'observateur qui a ajouté tant de faits étonnans à l'histoire déja si étonnante des abeilles, et auteur lui-même d'un ouvrage sur les fourmis rempli de traits curieux de l'instinct de ces petits animaux, a présenté à l'Académie un Mémoire sur l'industrie singulière d'une petite chenille qu'il nomme la *chenille à hamac*, d'après la manière dont elle se suspend pour passer son sommeil de chrysalide. Elle est du nombre de celles qu'on appelle mineuse, et elle vit dans l'intérieur des feuilles de quelques arbres fruitiers. C'est au mois d'août qu'elle cesse de manger et qu'elle file son hamac. Cinq heures lui suffisent pour le construire : deux cordes tendues entre les bords d'une feuille repliée et concave en-dessus, en sont les supports principaux; il y est suspendu par des attaches de soie, et deux autres attaches qui vont se fixer aux parois de la feuille le tiennent comme à l'ancre; lui-même est en forme de petit étui cylindrique. M. Huber ne s'est pas contenté de suivre avec attention et de décrire avec soin les opérations successives du petit architecte qui construit cet édifice compliqué, il a essayé de reconnaître jusqu'à quel point ces opérations sont soumises au raisonnement de la chenille, et peuvent être variées par elle d'après les circonstances. Une chenille que l'on enlève

(1) Mémoire de l'Académie de Turin, pour 1805 — 1808, p. 12 des Mémoires.

à la construction qu'elle a commencée, la recommence sur nouveaux frais tant qu'il lui reste de la matière soyeuse. Si on la place sur une construction commencée par une autre, elle la continue ordinairement au point où elle la trouve; mais si celle où on la transporte est très-avancée, elle aime mieux tout recommencer. Le papillon qui sort de cette chenille a paru être le *phalæna clerkella* de Linnæus, et l'un de ses ennemis est l'*ichneumonramicornis*.

Notre confrère M. de la Billardière, a observé un fait remarquable relatif à l'instinct des abeilles-bourdons ou de ces grosses abeilles velues qui font leur nid sous le gazon, dans les pierres, etc. Il a trouvé, sur la fin de l'automne, dans un nid de l'espèce nommée *apis sylvarum* par Kirby, une vieille femelle et une ouvrière dont les ailes avaient été collées avec de la cire brune et compacte de manière à les empêcher de voler, et il pense que c'était une précaution prise par les autres bourdons pour contraindre ces deux individus à rester dans le nid, et à y soigner les larves qui devaient renouveler, l'année d'après, la population de la colonie.

M. Olivier, membre de l'Académie, a fait, sur les insectes ennemis des blés, un travail qui appartient également à l'agriculture et à la zoologie; il n'en a communiqué encore que la partie relative aux espèces qui attaquent les blés en herbe. M. Olivier en fait connaître neuf appartenant toutes à l'ordre des insectes à deux ailes, mais il fait connaître en même temps trois autres insectes ennemis des premiers, et qui, en arrêtant leur propagation, diminuent leurs dégâts.

Une des questions les plus importantes à résoudre dans l'anatomie des insectes, concerne l'usage d'un grand vaisseau que toute cette classe porte le long du dos, et qui éprouve des mouvemens de dilatation et de contraction comparables à ceux du cœur et des artères. Malpighi et Swammerdam lui avaient

donné le nom de cœur, mais il est constant, par les observations de Lyonnet et de plusieurs autres, qu'il n'en sort point de branches, et M. Cuvier semble avoir établi sur beaucoup de preuves que les insectes n'ont aucune circulation. M. Marcel de Serres a examiné de nouveau cette matière; il s'est assuré, par des observations innombrables faites sur les plus gros insectes de la France méridionale, et aidées de tout ce que l'anatomie possède d'instrumens plus délicats, que le vaisseau dorsal ne donne aucune ramification; qu'il n'existe dans le corps aucun autre vaisseau contractile, et en général aucun système de vaisseaux sanguins. Les insectes auxquels on enlève le vaisseau dorsal vivent encore plusieurs heures, tandis que les scorpions et les araignées, qui ont un véritable cœur, périssent promptement si on le détruit. Les contractions du vaisseau dorsal sont principalement dues aux muscles du dos placés le long de ses côtés, mais les trachées et les nerfs y exercent une influence sensible. L'humeur qu'il contient a paru souvent d'une couleur analogue à celle de la matière grasse, qui remplit toujours une partie du corps; elle est peu liquide, sur-tout dans les larves voraces. Le diamètre du vaisseau s'est trouvé plus égal dans les larves où la graisse est répandue plus également; et les inégalités de ses diverses parties sont proportionnées à celles de la graisse dans les parties correspondantes du corps. Les nerfs et les trachées abondent davantage dans le vaisseau dorsal des larves que dans celui des insectes parfaits; ses contractions y sont plus fortes, mais moins fréquentes. De ces faits et de quelques autres, l'auteur croit pouvoir conclure que la fonction du vaisseau dorsal est de produire de la matière grasse, et que, pour opérer cette production, il absorbe une partie de la liqueur nutritive épanchée dans la cavité du corps par les parois de l'intestin, et qu'il la fait ensuite transsuder au travers des mailles du tissu adipeux, où la graisse reçoit son élaboration définitive.

M. de Serres a intercalé dans son travail des observations précieuses sur les variétés de structure des trachées dans les différentes familles d'insectes, parmi lesquelles on peut remarquer sur-tout celles qui concernent le mécanisme des trachées vésiculaires; il le termine par l'exposé de tous les caractères anatomiques des divisions qu'il croit devoir établir parmi les animaux articulés, et spécialement parmi les insectes. Nous regrettons que tout ce grand détail, fait pour intéresser vivement les amateurs de l'anatomie comparée, ne soit pas de nature à entrer dans notre analyse. C'est une belle suite des observations du même auteur sur le canal intestinal des insectes, que nous avons mentionnées l'année dernière.

M. Montègre, médecin de Paris, a fait des observations curieuses sur les habitudes des lombries ou vers de terre, et des remarques nouvelles sur leur anatomie. Ces animaux sont hermaphrodites, et chacun d'eux est productif, et, d'après les observations de l'auteur, met au jour des petits vivans; cependant ils ont besoin d'un accouplement, mais qui paraît se faire sans aucune intromission de parties, en sorte qu'on pourrait croire qu'il n'a pour but que d'exciter en eux les mouvemens nécessaires à la fécondation. Il a lieu principalement aux mois de juin et de juillet. Les vers s'unissent par le moyen d'un renflement qu'on observe à la partie antérieure de leur corps, et qui se colle intimement à celui de l'individu opposé. Les petits se montrent d'abord dans des organes blancs placés en avant des deux côtés de l'estomac, et se glissent entre les intestins et les muscles extérieurs jusques dans un réservoir situé dans l'épaisseur de la queue, où on les trouve pleins de vie. Les lombries n'ont rien fait voir à notre observateur qui pût leur faire attribuer la faculté d'être affectés par la lumière ou par le son; mais il s'est assuré qu'ils ne se contentent pas de vivre de terre, et il a trouvé dans leurs intestins des débris d'animaux et de plantes.

Nous avons parlé, il y a deux ans, des expériences de M. Léchenault sur les effets délétères du suc connu à Java sous le nom d'*upas*, lorsqu'on l'introduit dans les plaies, ainsi que de celles de MM. Delille et Magendie, qui tendent à prouver que c'est essentiellement sur la moëlle épinière que ce poison agit.

Plusieurs fois témoins de la rapidité effrayante de son action, MM. Magendie et Delille ont dû être tentés de douter qu'elle ait pu être transportée si vîte jusqu'à la moëlle, par la voie tortueuse et embarrassée des vaisseaux lymphatiques, et de rechercher si l'on ne doit pas admettre, au moins en certains cas, dans les veines, la faculté absorbante qui leur était généralement attribuée, lorsque l'on n'avait point encore une connaissance si détaillée de tous les embranchemens du système lymphatique. Pour fixer leurs idées à cet égard, ils ont appliqué l'upas à des parties qui ne tenaient plus au corps que par des vaisseaux sanguins; par exemple, ils ont découpé tout le mésentère adhérent à une anse d'intestin, en ne laissant que les artères et les veines, et après avoir placé de l'upas dans l'intérieur de cette anse, ils l'ont coupée et liée par les deux bouts; ce qui paraît bien plus concluant encore, ils ont coupé une cuisse, en ne laissant entières que la veine et l'artère, et ont ensuite appliqué le poison au pied; enfin, pour écarter même l'objection de vaisseaux lymphatiques invisibles, qui auraient appartenu au tissu de ces deux vaisseaux sanguins, ils ont enlevé un segment de l'un et de l'autre, après les avoir remplacés par des tuyaux de plumes, de sorte qu'il n'y avait plus de communication entre le membre et l'animal, que par le sang qui circulait de l'un à l'autre. Dans tous ces cas, les convulsions et la mort se sont manifestées aussi promptement que si l'on eût appliqué l'upas à un animal entier. Cependant quelques-uns objecteront peut-être encore que, lorsque l'upas a été introduit dans l'intestin, on pouvait toujours supposer qu'il restait quelque lymphatique caché, et que,

lorsqu'on l'a appliqué au pied, on le plaçait dans une plaie, ou il pouvait pénétrer dans le sang par des veines ouvertes, et que ce n'est pas tout-à-fait là ce qu'on entend, quand on admet l'absorption veineuse, car il s'agit alors d'une action attribuée aux veines dans leur état naturel et par leurs pores organiques. Ce qui est encore très-remarquable dans les expériences de MM. Magendie et Delille, c'est que le sang d'un animal déja empoisonné et prêt à mourir, transfusé dans les veines d'un autre animal, ne tue point celui-ci, et lui occasionne à peine quelque apparence d'incommodité.

M. Magendie a fait une autre application bien intéressante de cette action de certaines substances introduites dans le sang.

On sait que l'émétique injecté dans les veines d'un animal le fait vomir en quelques minutes, tandis qu'il faut une heure à de l'émétique avalé pour produire le même effet, et l'on en conclut aisément que ce mouvement convulsif ne dépend pas de l'action immédiate de ce remède sur les parois de l'estomac. Des observations faites sur le viscère même, pendant que le vomissement s'opère, avaient conduit plus loin quelques physiologistes. Ils s'étaient aperçus que les parois de l'estomac éprouvent très-peu d'ébranlement, et ils en avaient conclu que ce n'est pas non plus dans l'irritation de ces parois que réside la cause immédiate de l'expulsion des matières contenues dans l'estomac. Cependant leur opinion faiblement soutenue était presque tombée en oubli, depuis que Lieutaud et Haller en avaient fait prévaloir une contraire.

M. Magendie voulant s'assurer de la vérité, a employé ce moyen commode des injections, et ayant d'abord pratiqué une ouverture à l'abdomen, il a reconnu par le tact que, pendant le vomissement, l'estomac en lui-même reste dans un état d'inertie, mais qu'à chaque nausée il est violemment comprimé par la contraction du diaphragme et des muscles du bas-ventre;

il y a plus, les longues inspirations qui précèdent chaque vomissement introduisent assez d'air dans l'estomac, pour que son extension ne diminue point, malgré la quantité des matières qu'il rejette. Si l'on ouvre assez l'abdomen pour en faire sortir l'estomac, les nausées continuent, mais elles deviennent impuissantes, parce que les muscles qu'elles contractent ne compriment plus le viscère; si on replace l'estomac sous leur action, le vomissement recommencera aussitôt. Cependant la compression ne suffit pas seule, car, si l'on comprime avec les mains un estomac, ainsi déplacé, dans un chien à qui l'on n'a point injecté d'émétique, on expulse bien les matières que cet estomac contient, sans produire pour cela un vrai vomissement, parce qu'il n'y a, ni les nausées, ni les inspirations qui caractérisent ce genre de convulsion, mais, si on tiraille l'estomac au lieu de le comprimer, et si les tractions s'étendent sur l'œsophage, les nausées et tous les autres symptômes du vomissement viennent à naître, sans qu'il soit besoin d'émétique. Ainsi le vomissement résulterait de la compression exercée sur l'estomac par une contraction convulsive des muscles qui entourent le ventre, et cette contraction elle-même peut être excitée par une irritation de l'œsophage.

Il s'agissait de savoir quels muscles agissent principalement, quels nerfs les mettent en action, et en vertu de quelles causes ils peuvent être irrités. Pour s'en assurer, M. Magendie a d'abord coupé ou enlevé les muscles abdominaux, sans diminuer beaucoup l'activité du vomissement : au contraire, quand on ôte au diaphragme une grande partie de sa force par la section des nerfs phréniques, il n'y a plus que de petites nausées de loin en loin, et le vomissement a rarement lieu, malgré les contractions des abdominaux. Ainsi la part du diaphragme, dans cette compression, est de beaucoup la plus grande. Quand on détruit ainsi à-la-fois l'action du diaphragme et celle des muscles, le

vomissement n'a plus lieu, même si l'on fait avaler à l'animal des substances éminemment et promptement émétiques, telles que du sublimé corrosif. Enfin, et ceci semble former un complément presque merveilleux à toutes ses preuves, M. Magendie a enlevé entièrement l'estomac; il lui a substitué une vessie, qu'il a attachée fixement au bas de l'œsophage, en la faisant communiquer avec ce conduit par un tube solide, et après avoir recousu l'abdomen, il a injecté de l'émétique dans les veines; l'animal a eu des nausées, a fait des inspirations, et a rejeté un liquide coloré, dont on avait rempli en partie la vessie, absolument comme il l'aurait pu faire si, avec un estomac intact, il eût pris de l'émétique par les voies ordinaires.

Ainsi l'émétique ne fait pas vomir, en irritant les fibres de l'estomac, ni même les nerfs, mais en se portant, au moyen de l'absorption et de la circulation, sur le système nerveux, et en excitant une action qui se réfléchit spécifiquement sur l'œsophage et le diaphragme, de manière à leur faire exercer des mouvemens divers, parmi lesquels il s'en trouve dont le résultat définitif est la compression de l'estomac; ce qui n'empêche pas qu'il ne puisse y avoir aussi des vomissemens produits par l'irritation immédiate des nerfs de quelques-unes de ces parties, ou par une irritation nerveuse quelconque, qui se propagerait de manière à affecter le système à-peu-près comme le fait l'émétique.

Il reste à M. Magendie à distinguer avec plus de précision la part de l'œsophage; et celle du diaphragme dans l'acte du vomissement, et à examiner les phénomènes de ce mouvement dans les oiseaux et dans les autres animaux sans diaphragme.

A ce travail sur l'action de l'antimoine considérée physiologiquement, M. Magendie en a joint un autre sur son action médicale ou délétère, et il a constaté, par beaucoup d'observations faites sur l'homme, et par de nombreuses expériences sur des animaux, que le tartrite de ce métal, pris à haute dose, est par

lui-même un poison mortel, mais que presque toujours son premier effet est un vomissement qui en fait rejeter la plus grande partie avant qu'elle ait pu être funeste : c'est ainsi que la plupart de ceux qui ont pris de ce sel dans l'intention de se détruire, ont été trompés dans leur triste desir.

M. Magendie a présenté encore à l'Académie une suite d'expériences relatives à l'usage de l'épiglotte. Ce cartilage placé à la base de la langue, au-devant de la glotte dans l'homme et les quadrupèdes, est regardé généralement comme destiné par la nature à empêcher les substances qu'on avale de tomber dans la trachée-artère; les oiseaux et les reptiles n'ont à la vérité aucune épiglotte, et n'éprouvent point d'inconvénient de cette privation; mais leur glotte est préservée par d'autres moyens, tels que les dentelures dont elle est le plus souvent hérissée, en sorte qu'on ne peut pas en tirer d'objection contre l'opinion reçue. Des sujets privés d'épiglotte par accident, et qui ont continué à avaler aussi aisément qu'auparavant, donnaient lieu à des objections plus fortes, et quelques anatomistes en avaient même conclu que l'épiglotte sert plutôt à la voix qu'à la déglutition.

M. Magendie ayant enlevé l'épiglotte à des chiens, s'est assuré que leur déglutition n'en souffrait point; il a reconnu en outre, par une inspection immédiate, que la glotte se contracte complétement à l'instant de la déglutition, en sorte que rien n'y pénétrerait, quand même l'épiglotte n'existerait pas; enfin, en coupant les nerfs qui vont aux muscles contracteurs de la glotte, il a vu que celle-ci restait ouverte, et admettait les alimens, malgré la présence de l'épiglotte qu'il avait conservée.

Il est difficile de ne pas se rendre à des expériences qui s'accordent si bien entre elles et avec les faits connus; c'est aux physiologistes à chercher maintenant quel peut être le véritable usage d'un organe trop développé, et trop constant dans une classe entière, pour n'avoir pas une destination essentielle.

M. Magendie a été conduit par ses recherches, à examiner la distribution particulière des nerfs laryngés et recurrens dans les différens muscles du larynx, et cette partie de son travail ajoute quelque précision à ce point intéressant d'anatomie.

AGRICULTURE ET VÉTÉRINAIRE.

Le besoin que l'Europe éprouve de ne plus faire dépendre ses jouissances que d'elle-même, et de réunir sur son territoire tout ce qui est devenu nécessaire à son luxe et à ses arts, fait que l'on continue toujours avec ardeur de rechercher parmi les plantes susceptibles d'être cultivées dans notre climat, les espèces qui pourraient nous donner des productions analogues à celles des pays chauds; et les principaux efforts se dirigent sur les objets que le commerce réclame en plus grande abondance, et qui promettent les gains les plus prochains.

Nous avons parlé suffisamment du sucre de betterave, dont la préparation est aujourd'hui simplifiée au point de faire espérer qu'elle deviendra, pour le continent, un objet durable d'industrie.

M. Marsan, professeur à Padoue, a lu un Mémoire sur une autre plante à sucre, plus voisine de la canne par ses caractères botaniques, et qui ne lui cède en rien par les qualités de son sucre. C'est une grande graminée, originaire du midi de l'Afrique, décrite pour la première fois en 1775, par Pierre Arduino, sous le nom d'*holcus cafer*, et bien caractérisée par ses glumes velues et ses semences globuleuses. On commence à la cultiver dans plusieurs parties de l'Italie, de la Bavière et de la Hongrie.

Le café, jusqu'à-présent, paraît plus difficile à remplacer que le sucre de canne; on a essayé la torréfaction de beaucoup de graines et de racines, mais les boissons qu'on s'est procurées n'avaient du café que la noirceur et l'amertume.

M. Levrat, médecin à Châtillon-sur-Chalaronne, pense que la

graine du glayeul jaune de nos marais (*iris pseudacorus*) est encore celle qui approche le plus du but, lorsqu'après l'avoir desséchée au feu et débarrassée de la coque friable qui l'enveloppe, on la torréfie et l'infuse à la manière du café : il assure du moins que la graine d'*iris* peut complétement remplacer le café dans ses propriétés fébrifuges, et servir ainsi indirectement de succédant au quinquina. Ce serait une découverte d'autant plus importante, que, l'iris naissant dans les marais, on ne pourrait plus faire à la nature le reproche d'avoir placé le remède si loin du mal.

Depuis que l'on ne fait plus périr les essaims pour prendre leur miel, on a imaginé différens moyens de faire passer les abeilles dans une autre ruche, sans risque d'en être piqué; M. Chambon, médecin à Paris, en a proposé un qui paraît simple et sûr; c'est d'avoir des ruches que l'on peut découvrir par le haut; de les poser sur une lunette garnie d'une toile métallique, sous laquelle on fait de la fumée; et de placer sur l'ouverture supérieure une ruche vide, où la fumée contraint les abeilles de monter.

Le même auteur a fait des expériences pour juger s'il serait avantageux aux agriculteurs de revêtir leurs moutons, comme le faisaient les anciens qui vantent beaucoup ce procédé. Il n'a pas trouvé que la laine augmentât assez de beauté et de valeur, pour dédommager des frais du vêtement.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

M. Chambon a aussi lu un Mémoire sur les dangers que courent les anatomistes dans leurs dissections, et sur les moyens de les prévenir et d'y remédier; ils sont quelquefois effrayans, mais heureusement ils sont rares; et leurs remèdes aussi-bien que leurs préservatifs rentrent dans la classe de ceux que la

médecine recommande contre la contagion et les plaies envenimées.

M. Orfila, jeune médecin espagnol, a présenté un grand ouvrage sur les poisons considérés sous le rapport de la médecine et de la jurisprudence. L'Académie n'en a encore vu que le premier volume qui traite des poisons tirés du mercure, de l'arsenic, de l'antimoine, et du cuivre. L'auteur y a fait beaucoup d'expériences sur les différences que la présence des alimens occasionne dans la manière dont les poisons se comportent avec les réactifs; différences qui peuvent en certains cas en masquer les propriétés et empêcher de les reconnaître: il a indiqué toutes les précautions à prendre par les experts pour répondre avec fidélité à la justice lorsqu'elle les consulte. Il a cherché sur-tout avec le plus grand soin à vérifier tous les moyens connus d'arrêter les effets délétères de ces poisons, et à trouver de nouveaux remèdes quand les anciens ne remplissaient pas son attente. Ainsi le seul antidote du sublimé corrosif est, selon M. Orfila, l'albumine ou blanc d'œuf, délayé dans l'eau; et celui du verd-de-gris, le sucre ordinaire en morceaux, résultat heureux auquel la théorie n'aurait sans doute pas conduit.

M. Pictet, fidèle au devoir qu'il s'est fait d'instruire l'Académie de ce que sa vaste correspondance offre de plus curieux sur les sciences que nous cultivons, a communiqué cette année des observations intéressantes de médecine et de chirurgie; l'une d'elles aurait assurément passé pour miraculeuse, dans ces temps où une pieuse crédulité se plaisait à voir dans chaque événement une intervention particulière et immédiate de la divinité: c'est la guérison d'un homme dont la poitrine avait été traversée en totalité par un brancard de cabriolet; une autre est d'un grand intérêt, en ce qu'elle donne l'espoir d'arriver à un traitement heureux de la rage, cette maladie la plus désespérante peut-être pour l'art et pour l'humanité; un hydrophobe bien constaté, a

été guéri dans l'Inde, par des saignées faites jusqu'à défaillance, et répétées chaque fois qu'il y avait apparence de récidive. Le bonheur d'une telle découverte a été d'autant plus vivement senti, que peu de jours auparavant M. le baron Percy avait lu à l'Académie la relation de l'affreux événement arrivé au mois d'octobre de l'année dernière, à Bar-sur-Ornain, où dans une seule matinée un loup enragé donna à près de vingt personnes les germes d'une mort cruelle. Une troisième observation faite à Genève, et communiquée par M. Pictet, n'a pas été si heureuse. Un soldat qui présentait toutes les apparences du croup éprouva sans succès l'opération de la trachéotomie.

M. Pictet nous a encore fait part d'une relation intéressante de la peste qui a régné dans le port russe d'Odessa, par M. Charles Pictet, son neveu, dont le dévouement a efficacement contribué à en arrêter les ravages.

M. Portal a publié un ouvrage important *sur la nature et le traitement des maladies du foie*, où il a consigné le résultat de sa longue expérience sur les affections d'un organe dont la grande influence en santé et en maladie est si bien exprimée dans l'épigraphe choisie par l'auteur : *Quantò magis ad sanitatem prodest, tantò et deteriùs in morbis afficitur.*

Notre respectable confrère, M. Tenon, qui, malgré un tempérament délicat, et une jeunesse qui ne lui promettait pas de longs jours, a conservé à force de soin les facultés de son corps et de sa tête, si loin au-delà du terme accordé au grand nombre des hommes, a voulu nous laisser les secrets qu'il a si heureusement éprouvés sur lui-même; son *Offrande aux vieillards de quelques moyens pour prolonger leur vie*, est un code de longévité, dicté par la science et l'expérience; mais pour en tirer le même parti que l'auteur, il faut y joindre, comme lui, une situation tranquille, les douces occupations de l'esprit, et le calme d'une ame bienfaisante et pure.

ANNÉE 1815.

Les événemens mémorables dont cette capitale a été le theâtre, loin d'y troubler les recherches scientifiques, ont donné de nouvelles preuves de respect que les sciences inspirent, et de l'heureuse influence qu'elles ont acquise sur tous les peuples et sur les hommes de toutes les classes. D'innombrables armées, venues des extrémités de l'Europe, ont visité nos monumens, ont parcouru nos collections, et ont examiné chaque objet avec curiosité, sans qu'aucun dommage soit résulté, même d'une imprudence. Des amis des sciences, enrôlés dans cette grande croisade, entreprise en partie pour le rétablissement de la liberté de penser et d'écrire, eurent à peine déposé leurs armes, qu'ils vinrent s'informer de nos travaux, y prendre part, nous instruire de ce qui s'était fait chez eux. Les Souverains étrangers se sont en quelque sorte disputé à qui donnerait les marques les plus éclatantes de son intérêt pour les progrès des connaissances, et à qui prouverait le mieux que leur cause était celle des lumières et de l'humanité. Nos princes ont témoigné hautement leur satisfaction sur l'état de prospérité et de vie où ils ont trouvé nos établissemens; et le Roi leur a non-seulement accordé son auguste protection, mais il a déja prouvé par le fait avec quelle noble libéralité il se propose d'en accroître l'activité et d'en étendre l'importance. Il est impossible que sous de si heureux auspices, les travaux de l'esprit ne prennent un nouvel essor, et que le rétablissement des communications entre les peuples, et l'émulation qui en sera la suite, ne fassent bientôt produire aux sciences de nouvelles merveilles. Les recherches de cette année font déja connaître cette reprise d'énergie; elles font mieux encore : il y

règne manifestement, en plusieurs points, cette hésitation, ce besoin de solutions plus claires où les hommes qui ont étudié la marche des sciences voient toujours les précurseurs nécessaires des grandes découvertes.

CHIMIE.

Ainsi l'une des plus curieuses substances dévoilées dans ces derniers temps est l'*iode*, cette matière si long-temps cachée dans le varec, qui s'élève, par la chaleur, en une vapeur d'un beau violet, et qui, se comportant avec les autres corps d'une manière analogue à celle du chlore, ou de ce qu'on appelait ci-devant gaz muriatique oxigéné, a donné une nouvelle force aux idées que l'hydrogène sulfuré avait fait naître, et sur la voie desquelles on avait été remis par le chlore; idées qui tendent à introduire dans la théorie chimique cette modification importante, que l'oxigène n'est pas à beaucoup près le seul principe capable d'opérer l'acidification.

En effet M. Berthollet avait montré, il y a près de trente ans, que l'hydrogène sulfuré, où il n'entre point d'oxigène, a toutes les propriétés des acides, et les chimistes allemands avaient fort insisté sur ce fait pour combattre une partie de la théorie française. MM. Thenard et Gay-Lussac firent, au commencement de 1809, des expériences d'où il résultait qu'il est impossible d'extraire l'oxigène de ce que l'on appelle communément acide muriatique oxigéné, et que, pour continuer à croire qu'il y existe, il faut supposer que dans tous les cas où cet acide se convertit en acide muriatique ordinaire, il se forme de l'eau qui s'unit indissolublement à l'acide produit, ou du moins que les élémens de l'eau y entrent comme parties intégrantes; tandis qu'en regardant le soi-disant acide muriatique oxigéné comme une substance simple dont la combinaison avec l'hydrogène donnerait l'acide muriatique ordinaire, on est dispensé de cette sup-

position. Mais, tout en énonçant ces deux manières de voir, nos deux chimistes s'en tinrent à la première, qui était plus analogue à ce qui se passe dans le grand nombre des acidifications.

M. Davy, qui avait été conduit aux mêmes conclusions, mit plus de hardiesse dans son choix; il adopta décidément la deuxième théorie, et donna en conséquence à l'acide muriatique oxigéné un nom particulier, celui de *chlore*, duquel il dériva ceux des deux autres acides dans lesquels il entre. L'un (*le muriatique*), où il est en combinaison avec l'hydrogène, fut appelé *Hydrochlorique;* l'autre (*le muriatique sur-oxigéné*), qui résulte de sa combinaison avec l'oxigène, reçut le nom d'*acide chlorique.*

Bientôt les expériences sur l'acide nommé jusqu'ici *fluorique*, donnèrent lieu de penser, et ce fut M. Ampère, nouvellement nommé membre de la section de Géométrie, qui eut le premier cette idée, que sa composition est analogue à celle de l'hydrochlorique, c'est-à-dire qu'il est composé d'*hydrogène* et d'un corps simple d'une nature particulière, que l'on dut alors désigner par le nom de *fluore.*

Ainsi la propriété d'acidifier l'hydrogène ou de devenir acide par son moyen, fut reconnue admissible dans trois substances : le soufre, le chlore, et le fluore. L'iode en est venu offrir une quatrième.

Nous avons dit, dans notre analyse des travaux de l'année dernière, que l'iode avait été découvert par M. Courtois. Cet habile fabricant paraît l'avoir obtenu dès la fin de 1811, mais il ne l'avait communiqué qu'à M. Clément, son ami, qui lui-même ne le fit connaître au public que vers la fin de 1813. Cependant ce retard fut bientôt réparé; et, en peu de jours, M. Gay-Lussac et M. Davy eurent constaté les principales propriétés de cette substance, et spécialement l'analogie suivie qu'elle présente avec le chlore, et les deux acides qu'elle forme comme le chlore avec l'oxigène et avec l'hydrogène. M. Davy présenta cette analogie

comme un nouvel appui pour la théorie qu'il avait adoptée.

Depuis lors on s'est occupé de l'iode avec l'intérêt dont il est digne. M. Colin a examiné ses combinaisons avec le mercure et l'ammoniaque, et reconnu qu'il se forme de l'acide iodique ou une combinaison d'iode et d'oxigène, toutes les fois qu'on traite l'iode avec des oxides où l'oxigène est faiblement condensé. Il a bien expliqué la génération de la poudre fulminante d'iode, découverte, ainsi que l'iode lui-même, par M. Courtois. Le gaz ammoniacal est absorbé par l'iode, et forme avec lui un liquide visqueux, lequel, mis dans l'eau, change de nature : l'hydrogène d'une partie de l'ammoniaque forme, avec une partie de l'iode, de l'acide hydriodique, qui se combine avec le reste de l'alcali, et l'azote de cette première portion d'ammoniaque forme, avec l'autre partie de l'iode, la poudre fulminante.

Le même, M. Colin, a travaillé avec M. Gauthier Claubry à déterminer la manière dont l'iode se comporte avec les substances organiques. Ces deux jeunes chimistes ont constaté que les substances où l'oxigène et l'hydrogène sont dans les mêmes proportions que dans l'eau, se mêlent simplement à l'iode; que celles où il y a plus d'oxigène s'y combinent intimement; mais que ni les uns ni les autres ne l'altèrent tant qu'on n'emploie pas une chaleur capable de les décomposer; au contraire, celles où l'hydrogène abonde convertissent l'iode en acide hydriodique, et il en arrive autant aux premières quand on les chauffe assez pour dégager leur hydrogène. Ces expériences leur ont présenté plusieurs phénomènes curieux; un mélange d'iode et d'amidon trituré prend une couleur rouge, bleue ou noire, selon que l'iode y est plus abondant, etc.

Mais celui qui a travaillé sur l'iode avec le plus de soin et d'étendue, c'est notre confrère M. Gay-Lussac, dont l'ouvrage a été imprimé dans les Annales de chimie. Il y considère l'iode lui-même, ainsi que ses combinaisons et celles de ses deux

acides avec les divers corps, ou, ce que d'après les règles reçues de la nomenclature chimique, on devra nommer les *iodures*, les *iodates*, et les *hydriodates*. A l'occasion de l'iode, il revient sur le *chlore*, et donne plusieurs remarques nouvelles sur ses combinaisons qui n'avaient pas toutes été appréciées avec justesse; puis, considérant l'acide prussique comme essentiellement formé d'azote, d'hydrogène, et de carbone, il conclut que l'azote doit aussi être ajouté à la liste des substances qui peuvent produire des acides sans oxigène, ce qui l'amène à regarder l'acidité et l'alcalinité comme des propriétés intrinsèques de certains corps et de certaines combinaisons, sans rapport nécessaire avec leur composition, tels que nous pouvons les découvrir, et ce qui le rapproche par conséquent des idées de Winterl et de quelques chimistes allemands. Ce Mémoire est rempli, d'ailleurs, de recherches délicates et d'indications ingénieuses, dont il ne nous est pas possible de rendre compte, mais qui ne manqueront pas de donner un nouvel essor à la partie de la chimie la plus profonde et la plus importante.

Notre respectable confrère M. Sage, qui, malgré son âge et ses infirmités, prend toujours un vif intérêt aux nouveaux faits chimiques, s'est aussi occupé de l'iode et du varec, d'où on le tire. Il a remarqué l'altération que l'iode fait éprouver aux vases d'argent où on le chauffe. Le varec lui a donné, par la distillation à feu nu, des produits analogues à ceux des animaux, et en le macérant dans l'acide nitrique affaibli, il a obtenu un réseau cartilagineux semblable à celui que laissent les os et les madrépores, quand ils ont été privés de leurs parties terreuses. M. Sage voudrait conclure de ces deux faits, que les fucus sont des polypiers.

Le même chimiste a présenté aussi une notice sur les avantages de la réduction de la galène par le feu, où il assure que l'on obtient aussi beaucoup plus de plomb que par les méthodes ordinaires.

M. Théodore de Saussure, correspondant, qui avait lu, en 1807, à l'Académie, sur la composition de l'alcool et de l'acide sulfurique, un Mémoire dont nous avons rendu compte dans le temps, et d'où il résultait que l'éther est plus chargé de carbone et d'hydrogène que l'alcool, a repris, l'année dernière, cet objet important de recherches, et, y appliquant des procédés à-la-fois plus simples et plus rigoureux, il est arrivé à un résultat plus précis. En faisant passer ces deux liquides par un tube de porcelaine incandescent, il a obtenu de l'eau et un gaz dont l'analyse n'offrait aucune difficulté; et il a reconnu ainsi que l'alcool et l'éther sont formés chacun d'une proportion de carbone et d'hydrogène identique, et dans le même rapport où ils sont dans le gaz oléfiant, mais combinés avec des proportions différentes d'eau réduite à ses élémens.

Dans l'alcool, les élémens de l'eau forment le tiers du total, et dans l'éther, ils en forment le cinquième; en sorte que l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, pour produire l'éther, ne consisterait qu'à enlever une portion de son eau, et que ce même acide, en plus grande quantité, produirait le gaz oléfiant, en enlevant la totalité de cette même eau.

Les résultats analytiques de M. de Saussure s'accordent avec ceux qu'a obtenus feu M. le comte de Rumfort, sur la quantité de chaleur produite par la combustion de l'alcool et de l'éther.

Une des grandes difficultés de l'analyse des substances organiques, consiste en ce que la chimie ne dispose que d'un petit nombre de réactifs propres à en séparer les principes immédiats sans les détruire. M. Chevreul, aide-chimiste au Muséum d'Histoire naturelle, a cherché à multiplier les partis que l'on peut en tirer, en les employant à des degrès de chaleur très-divers, et en faisant varier ainsi leurs forces dissolvantes.

Pour cet effet, il a imaginé une machine, qu'il appelle *diges-*

teur-distillatoire, et qui consiste en une marmite de Papin, fermée par une soupape que maintient un ressort : la force du ressort, que l'on change à volonté, détermine le degré de chaleur que le liquide doit recevoir pour s'échapper. On recueille successivement le produit de chaque degré, au moyen d'un tuyau qui conduit dans un récipient. La matière solide que l'on examine est retenue dans le digesteur par un diaphragme mobile, qui peut aussi la comprimer et en entraîner tout le liquide restant.

M. Chevreul a opéré sur le liége, par sa méthode; il l'a soumis vingt fois à l'action de l'eau, et cinquante à celle de l'alcool, et après avoir détaché ainsi des matières très-diverses, il lui est resté un tissu cellulaire, qu'il nomme *subérine*, et qui, traité par l'acide nitrique, se convertit en acide subérique. Parmi ces matières retirées du liége, il en est une qu'il croit nouvelle, et qu'il nomme *cérine*, parce qu'elle a plusieurs des propriétés de la cire.

Le même chimiste a appliqué sa méthode au succin ou ambre jaune, et reconnu que l'acide succinique y existe tout formé.

Il a aussi continué ses recherches sur la saponification dont nous avons donné l'analyse l'année dernière, et en comparant la graisse naturelle à celle qui a été saponifiée, il a conclu que les propriétés de cette dernière ne viennent point de l'élimination ni de l'acquisition de quelques substances, mais d'un nouveau mode de combinaison, occasionné par l'action de l'alcali, et qui donne à la graisse une analogie avec les acides, indépendante de toute oxygénation.

M. Pelletier, fils de notre défunt confrère, a fait l'examen des matières colorantes que l'on retire du bois de santal et de l'orcanette, et que l'on regardait jusqu'ici comme de simples résines. La première joint à la plupart des propriétés des résines, celles d'être dissoluble dans l'acide acétique, même très-faible, de se

comporter alors avec la gélatine comme les substances dites astringentes, de donner de l'acide oxalique par l'acide nitrique : elle montre encore quelques autres caractères qui paraissent devoir en faire un nouveau principe végétal. La matière retirée de l'orcanette se dissout dans l'éther, l'alcool et tous les corps gras. Par l'acide nitrique, elle donne de l'acide oxalique et une matière amère; les alcalis et l'eau lui font changer diversement de couleurs; en un mot, l'ensemble de ses phénomènes lui donne aussi un titre, selon M. Pelletier, à prendre un rang particulier parmi les principes immédiats des végétaux.

Nous avons vu dans le temps que le platine brut, tel qu'on le retire de sa mine, contient plusieurs substances étrangères, et entre autres quatre métaux particuliers, qu'on a nouvellement distingués; et nous avons exposé l'année dernière par quels moyens M. Vauquelin est parvenu à séparer de la dissolution du platine, dans l'acide nitro-muriatique, et à obtenir dans leur état de pureté deux de ces nouveaux métaux appelés *palladium* et *rhodium*, qui se dissolvent en même temps que le platine. Nous avons dit aussi comment M. Laugier, s'étant aperçu que cette dissolution contient une quantité notable d'un troisième métal, remarquable par sa volatilité, qui lui a fait donner le nom d'*osmium*, avait indiqué une manière facile de le recueillir.

Il restait à examiner une poudre noire qui ne se dissout point dans l'acide nitro-muriatique, et qui, par conséquent, forme le résidu de la dissolution du platine. Elle se compose principalement de ce même osmium, et d'un quatrième nouveau métal, que les couleurs vives et variées de ses combinaisons ont fait nommer *iridium*.

Ces deux métaux y sont unis à du chrôme, à du fer, à du titane, à de la silice, et même à un peu d'alumine; et la difficulté

était de les séparer nettement de ce mélange, et de les obtenir complétement isolés.

C'est à quoi M. Vauquelin a réussi, mais par des opérations pénibles et compliquées.

De simples lavages divisent cette poudre noire en deux parties; l'une, plus déliée, plus brillante, contient plus d'iridium et d'osmium, et presque pas de chrôme; l'autre, plus brune et plus grossière, contient moins des deux premiers métaux et davantage des autres. Comme celle-ci est la plus difficile à analyser, nous nous bornerons à ce qui la regarde.

M. Vauquelin la triture d'abord avec le double de son poids de nitrate de potasse; l'oxigène de l'acide oxide l'iridium et l'osmium, qui se combinent avec la potasse devenue libre. La chaleur fait sortir ensuite une grande partie de l'acide et de l'osmium, qu'on reçoit dans de l'eau de chaux; le résidu délayé et saturé par l'acide nitrique, donne un précipité d'iridium, de titane, de fer, d'alumine, et d'un peu d'oxide de chrôme; et il reste une liqueur composée de potasse unie à de l'acide de chrôme et à de l'osmium. On en sépare ce dernier, en ajoutant de l'acide nitrique, en distillant et en recevant l'osmium dans un flacon entouré de glace; on verse dans l'eau qui l'a reçu un peu d'acide muriatique, et on y place une lame de zinc, qui précipite l'osmium. Pour l'avoir bien pur, on le lave avec de l'eau un peu aiguisée d'acide sulfurique.

Il faut ensuite retirer le chrôme; pour cet effet, on fait évaporer, on redissout dans l'eau, on filtre pour avoir la silice qui peut rester, on verse du nitrate de mercure au minimum, qui produit un précipité de chrômate de mercure au minimum, lequel séché et calciné donne de l'oxide vert de chrôme. Reste le premier précipité d'iridium, de titane, de fer, de chrôme, et d'alumine. Il y a encore un peu d'osmium, qu'on enlève en traitant par l'acide muriatique, distillant et précipitant par le zinc,

comme la première fois. S'il reste des parties non dissoutes, on les triturera avec le nitre, comme dans le commencement; et on observe que plus on répète cette opération, plus les dissolutions muriatiques deviennent bleues, parce qu'elles contiennent de moins en moins de fer et de titane, qui, comme plus faciles à dissoudre, sont d'abord saisis par l'acide, et laissent une plus grande proportion d'iridium.

Or l'iridium a cette propriété, qu'à cet état d'oxidation où ses dissolutions dans les acides sont rouges, il ne précipite que par le muriate d'ammoniaque, et sous forme de sel triple. On l'amène donc à cet état en faisant bouillir sa dissolution muriatique avec de l'acide nitrique; on neutralise la liqueur par de l'ammoniaque; l'ébullition en précipite le fer et le titane; on précipite ensuite l'iridium par le muriate d'ammoniaque; et le sel triple qu'on obtient donne, par une chaleur rouge, l'iridium métallique très-pur.

Ce métal, si difficile à retirer du singulier alliage qui le cachait à tous les yeux, a des propriétés remarquables. Sa couleur et son éclat ressemblent assez à ceux du platine; il est plus difficile à fondre, insoluble dans les acides simples, difficilement soluble dans le nitro-muriatique; mais la potasse et le nitre l'oxident, et se combinent avec lui en une poussière noire qui donne des dissolutions bleues; avec l'acide nitro-muriatique bouillant, il donne une dissolution rouge; ses dissolutions bleues elles-mêmes deviennent rouges par l'ébullition; mais les bleues et les rouges sont décolorées par le sulfate de fer, l'hydrogène sulfuré, le fer, le zinc, et l'étain; elles reprennent leur couleur par l'acide muriatique oxigéné; c'est l'iridium qui colore en rouge les derniers précipités de sel triple de platine, tandis que les premiers, où il n'entre point, sont jaunes.

Les propriétés de l'osmium ne sont pas si aisées à constater, à cause de sa facilité à s'oxider et à se volatiliser aussitôt. Son

oxide est blanc et très-caustique; il répand une odeur insupportable : flexible et fusible comme la cire, dès qu'il touche une matière animale, il la noircit. Sa dissolution dans l'eau devient bleue par la noix de galle, etc.

M. Mongez, membre de l'Académie de littérature ancienne, nous a lu un Mémoire sur le bronze des anciens, où il prouve, d'après les expériences de M. Darcet, que ce n'est point par la trempe ou l'immersion dans l'eau froide, que le bronze se durcit, comme il arrive à l'acier; mais qu'il obtient au contraire sa dureté, lorsqu'après avoir été rougi, on le laisse refroidir lentement à l'air. M. Darcet a tiré parti de cette propriété pour faire des cymbales, instrumens qui ne se fabriquaient jusqu'à-présent qu'en Turquie, et à ce qu'on prétend, par un seul ouvrier de Constantinople, qui en a le secret.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Les chûtes de pierres de l'atmosphère, depuis qu'on est averti de leur réalité, s'observent si souvent, que ce qu'elles auront bientôt de plus étonnant sera la longue incrédulité où l'on a été à leur égard. Encore cette année, il y en a eu une très-remarquable dans le département de Lot-et-Garonne, le 5 de septembre, comme à l'ordinaire par un beau temps, avec une forte explosion et un nuage blanchâtre. Le nombre des pierres a été considérable; on dit qu'il y en avait une du poids de dix-huit livres. Elles se sont dispersées sur à-peu-près une lieue de rayon. Leurs caractères extérieurs et leur composition sont absolument comme dans les autres pierres de même origine; seulement leur cassure a des teintes un peu plus marbrées. Des rapports fort bien faits, par deux habiles observateurs d'Agen, MM. de Saint-Amans et Lamouroux, adressés par le préfet du département, n'ont rien laissé à desirer sur les détails du phénomène.

M. le comte Berthollet a présenté à l'Académie, de la part de M. Tennant, une des pierres tombées en Irlande l'année dernière, et qui ressemblent à toutes les autres, excepté qu'elles contiennent un peu plus de fer.

On sait, et nous avons eu plusieurs fois nous-mêmes l'occasion de dire dans nos rapports, que la pierre nommée *arragonite* fournissait la plus forte objection que l'on pût faire contre l'emploi de la cristallisation dans la classification des minéraux, parce que les chimistes n'avaient pu trouver aucune différence de composition entre cette arragonite et le spath calcaire ordinaire, ou carbonate de chaux, quoique leurs formes cristallines fussent essentiellement distinctes. Cette objection paraît levée aujourd'hui. M. Stromeyer, professeur de chimie à Gœttingue, a découvert la présence constante de trois centièmes de strontiane dans l'arragonite, et il n'y en a point dans le spath calcaire. M. Laugier, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, a répété cette analyse, et en a obtenu le même résultat. Il reste à savoir comment l'addition d'une si petite quantité de matière composante peut changer aussi complétement la forme de la molécule primitive d'un minéral.

On avait retiré, il y a plus de cent ans, des carrières d'OEningen, près du lac de Constance, un squelette pétrifié, que Scheuchzer, naturaliste de Zurich, avait pris pour celui d'un homme, et qu'il avait fait graver sous le nom d'*homme témoin du déluge*. Des naturalistes plus récens avaient cru y voir un poisson. M. Cuvier, d'après la simple inspection de l'estampe publiée par Scheuchzer, l'avait jugé d'une espèce inconnue et gigantesque de salamandre. Ayant fait un voyage à Harlem, où ce fossile célèbre est déposé dans le muséum de Teiler, et ayant obtenu de M. Vanmarum, correspondant de l'Académie et directeur de ce muséum, la permission de creuser la pierre pour mettre à nu les parties du squelette qui s'y trouvaient encore enveloppées, M. Cuvier à dé-

couvert des pattes avec leurs os, leurs doigts, de petites côtes, des dents le long des deux larges mâchoires, en un mot, toutes les parties caractéristiques qui ne peuvent plus permettre à personne de douter que ce squelette n'ait en effet appartenu à une salamandre. Il a fait voir à l'Académie le dessin de ce fossile ainsi complétement mis à découvert, qu'il doit adresser avec sa description à l'Académie de Harlem.

Le même membre a fait voir une tête récemment dégagée du gypse de Montmartre, de l'espèce d'animal perdu, qu'il a nommée *Palaeotherium medium*. Cette tête était complète, et confirmait tout ce que l'on avait pu conclure jusqu'ici d'après des fragmens isolés.

M. de Humboldt, associé étranger, a communiqué l'histoire vraiment étonnante du volcan de Jorullo, qui s'ouvrit en 1759, au Mexique, sur un plateau uni, bien cultivé, où coulaient deux rivières d'eau froide, et où, de mémoire d'homme, il ne s'était pas même fait entendre un bruit souterrain. La catastrophe fut annoncée quelque mois d'avance par des secousses et des mugissemens qui durèrent quinze ou vingt jours. Il y eut ensuite une pluie de cendre et des mugissemens plus violens qui déterminèrent les habitans à la fuite. Des flammes s'élevèrent sur une étendue de plus d'une demi-lieue carrée; des fragmens de roche furent lancés à de grandes hauteurs; la croûte du terrain s'élevait et s'abaissait comme les ondes; il en sortit une multitude innombrable de petits cônes de six à neuf pieds, qui hérissèrent la surface du plateau comme des ampoules, et qui subsistent encore; il s'éleva enfin dans la direction des S. S. E. au N. N. E. une suite de six collines, dont la principale, qui conserve encore aujourd'hui un cratère enflammé, n'a pas moins de 1600 pieds de hauteur. Ces effrayantes opérations de la nature durèrent depuis le mois de septembre 1759 jusqu'au mois de février suivant. Des témoins oculaires attestent que le bruit

égalait celui qu'aurait pu produire des milliers de pièces de canons et qu'il fut accompagné d'une chaleur brûlante, dont une partie se conserve encore à-présent, car M. de Humboldt a trouvé la chaleur du sol de 20 degrés supérieure à celle de l'atmosphère. Tous les matins des milliers de filets de fumée s'élèvent des cônes et des crevasses de ce grand plateau; les deux rivières ne roulent plus que de l'eau chaude imprégnée d'hydrogène sulfuré, et la végétation ne fait que de renaître sur ce terrain bouleversé.

Ce volcan est à 46 lieues de la mer, et à une distance à-peu-près pareille du volcan actif le plus voisin; et, à cette occasion, M. de Humboldt remarque que plusieurs volcans du nouveau monde sont aussi éloignés de la mer que celui-là; tandis que dans l'ancien on n'en connaît aucun qui s'en éloigne à plus de douze lieues, et que la plupart sont sur ses bords. Ce savant voyageur nous apprend aussi que tous les grands volcans du Mexique se trouvent non-seulement à-peu-près sur une même ligne transversale à la direction des Cordilières, mais encore, à quelques minutes près, sous le même parallèle, comme s'ils avaient tous été soulevés sur une crevasse souterraine qui aboutirait d'une mer à l'autre. Il s'est assuré de tous ces faits par des mesures et des déterminations de position aussi exactes que pénibles. Le public en verra tout le détail dans la continuation du célèbre ouvrage où M. de Humboldt a consigné les résultats de son grand ouvrage d'Amérique.

BOTANIQUE, ET PHYSIQUE VÉGÉTALE.

M. de Humboldt, dans un mémoire sur la végétation des îles Canaries, s'est élevé à des considérations générales sur la géographie des plantes; et en combinant les résultats de l'observation avec la double influence que la latitude et la hauteur dans

l'atmosphère exercent sur la température, il a fixé, pour un certain nombre de points, les limites des neiges perpétuelles, la température moyenne de l'air à cette limite, prise pendant toute l'année, ainsi que la température particulière des mois d'hiver et des mois d'été; et il a montré que l'on peut déduire de ces différentes données la distance habituelle entre cette limite et celle des hauteurs où se portent les arbres et les céréales; et même que les variétés en apparence bizarres, que les mêmes espèces d'arbres présentent en différens climats, peuvent s'expliquer quand on joint à ces données la considération des époques de l'année où chaque arbre prend son développement.

On savait depuis long-temps que le nombre des stygmates n'est pas constant dans la famille des *cypérées;* et l'on ne croyait pas même que ses variations fussent assez importantes pour servir de base à des distinctions de genres.

M. Shkuhr, botaniste allemand, remarqua le premier que, dans le genre des carex ou laîches, il existe des espèces à deux et à trois stygmates, et que le nombre de ces organes est toujours le même que celui des angles du fruit.

Notre confrère M. Le Baron de Beauvois, vient de généraliser cette observation à toutes les plantes de la famille; il en a surtout remarqué quelques-unes qui ont quatre stygmates, et où le fruit est manifestement quadrangulaire, au moins dans quelqu'une de ses parties; tels sont particulièrement le *schœnus mariscus*, le *gahnia psittacorum* de M. de La Billardière, et un nouveau genre très-remarquable, rapporté du Cap par M. Du Petit-Thouars, et que M. de Beauvois nomme *tetraria*, à cause de la répétition du nombre quaternaire dans les diverses parties de sa fleur.

M. de Beauvois conclut de ses observations que le nombre des stygmates a une importance plus que suffisante pour fournir des caractères génériques, qui seront d'autant plus avantageux, que

quelques genres de Cypérées sont très-nombreux en espèces, et fort difficiles à débrouiller.

M. de Beauvois a fait aussi de nouvelles observations qu'il juge devoir confirmer de plus en plus l'opinion qu'il a depuis longtemps conçue et soutenue, sur la fructification des mousses, savoir, que la poussière verte qui remplit les urnes, et qu'Hedwig regarde comme la semence, n'est autre chose que le pollen, et que la véritable semence est contenue dans ce que les botanistes appellent la columelle de l'urne.

M. de Beauvois a en effet remarqué que la poussière verte n'est d'abord, comme le pollen, qu'une masse compacte, informe, qui prend successivement de la consistance, et finit par se diviser en poussière, dont les grains sont liés par de petits filamens, et formés chacun de deux ou trois petites loges pleines d'une humeur comparable à l'*aura seminalis* du pollen ordinaire, et entremêlés d'autres grains plus petits, opaques et ovoïdes. Cette division successive a lieu également pour la poussière contenue dans les corps réniformes des lycopodes, et dans l'intérieur des champignons appelés Lycoperdons ou vesses de loup. Le petit corps central, regardé jusqu'à-présent comme une columelle qui varie de forme d'un genre à l'autre, mais conserve à-peu-près la même forme dans le même genre, et auquel, dans aucun cas, la poussière verte n'est attachée, se termine par un appendice qui se prolonge dans l'opercule de l'urne, et qui tombe avec cet opercule, en sorte qu'alors la prétendue columelle est ouverte, sans doute pour faciliter la sortie des petits grains que M. de Bauvois y a observés, et qu'il considère comme des semences.

Ce savant botaniste a observé enfin que dans les polytrics et dans d'autres mousses, les petits filamens qu'Hedwig regarde comme des anthères sont encore dans leur intégrité à une époque où la poussière de l'urne a acquis son plein développement. Or,

le contraire devrait avoir lieu, si ces filamens étaient des organes mâles; ils devraient avoir rempli leurs rôles, et être vidés avant que la poussière verte, qui serait la semence, eût atteint toute sa maturité; d'où M. de Beauvois conclut que les filamens en question seraient plutôt des organes femelles. Les mousses seraient alors ce qu'on appelle polygames; car M. de Beauvois montre d'ailleurs que ces petits grains opaques qu'il a vus dans la columelle, ont aussi été vus et même représentés par Hedwig, au moins dans le *bryum striatum;* ainsi les urnes des mousses sont incontestablement, selon M. de Beauvois, des fleurs hermaphrodites.

M. du Petit-Thouars a fait connaître à l'Académie quelques observations intéressantes de physique végétale. Il y en a une entre autres, qui montre assez bien la liaison des feuilles avec la couche ligneuse de la même année. Quand une feuille tombe, on voit à la base de son pédicule un nombre de points, variable selon la forme de la feuille et le nombre de folioles qui la composent. Ce sont les coupes d'autant de filets qui sont les vaisseaux, ou plutôt les faisceaux des fibres de la feuille; si on observe sur l'écorce la cicatrice d'où la feuille s'est détachée, les mêmes points s'y montrent, et l'on peut suivre les filets jusque dans l'intérieur du bois; mais si l'on fait la même observation au printemps sur une feuille nouvellement développée, les filets ne vont que jusqu'à la surface du bois. Ce n'est qu'après deux ou trois mois qu'une nouvelle couche de bois, venant à se former, les enchâsse dans son épaisseur.

Le même botaniste a fait des remarques curieuses sur le rapport du nombre des étamines avec celui des autres parties de la fleur, et a trouvé que dans plusieurs genres, comme les polygonum, les rhéum, etc., où ce rapport semblait fort irrégulier et fort inconstant, le nombre des étamines est égal à la somme des divisions du calice et des pistils pris ensemble. C'est un fait

singulier, dont la liaison avec la structure générale de la fleur, n'est pas aisée à apercevoir.

M. Desvaux a présenté un Mémoire sur une famille de plantes à fructification cachée, connue sous le nom d'*algues*, et qui comprend entre autres toutes les plantes marines, appelées *fucus varees* ou gœmons. Il a proposé d'y établir plusieurs nouveaux genres, et a fait des expériences pour s'assurer si les filets par lesquels les fucus adhèrent aux roches et au fond de la mer, sont ou non de véritables racines. Pour cet effet, après en avoir détaché quelques pieds de leurs adhérences naturelles, il les a fixés sur des pierres par des cordes ou d'autres moyens artificiels, et les a replongés dans la mer; les ayant visités quelque temps après, il y a constaté un accroissement très-sensible. On savait d'ailleurs, depuis long-temps, que plusieurs espèces, telles que le *fucus natans*, vivent et croissent très-bien sans être aucunement attachés.

M. Lamouroux, Professeur à Caen, a adressé successivement à l'Académie plusieurs Mémoires sur les mêmes plantes, que le voisinage où il est de la mer le met plus que personne, à portée d'observer, et auxquelles il donne le nom commun de *Thalassiophytes*. Après avoir indiqué toutes les divisions dont elles sont susceptibles, il les a considérées sous le rapport de leurs usages pour la nourriture de l'homme et des animaux, pour l'économie rurale et domestique, et pour les arts nécessaires ou d'agrément. On est étonné d'apprendre combien de partis utiles ou agréables les diverses nations tirent de végétaux si peu remarqués; les uns se mangent immédiatement, ou donnent une gelée sapide et nourrissante, d'autres sont une ressource importante pour les bestiaux, dans les climats glacés du Nord; tous peuvent donner de la soude ou des engrais, et ce sont là leurs emplois d'une véritable importance. Quelques-uns fournissent du sucre, d'autres des teintures. Il y en a dont on fait des nattes, des vases à boire,

et jusqu'à des instrumens de musique; celui qu'on appelle mousse de Corse, est un remède précieux, etc.

M. Auguste de Saint-Hilaire, dont nous avons déja cité plusieurs travaux considérables sur la botanique, en a fait un cette année sur plusieurs familles de plantes où le placenta, c'est-à-dire la partie de fruit à laquelle adhèrent les graines, est simple et placé au milieu de ce fruit comme une colonne ou comme un axe.

Lorsque le sommet de cette colonne est libre, la voie par où les influences du pollen sont transmises du pistil aux semences, paraît devoir être assez compliquée, et se faire par des vaisseaux qui rampent le long des parois mêmes du fruit, pour pénétrer dans le placenta par sa base, et se rendre aux semences, côte à côte des vaisseaux nourriciers. Telle est en effet la marche de ces vaisseaux dans les *amarantacées*, selon M. de Saint-Hilaire; mais cet observateur a remarqué que dans la plupart des plantes de la catégorie qu'il étudie, et nommément dans les *primulacées*, les *portulacées*, les *caryophyllées*, la fécondation s'opère par une voie plus directe, et qu'il y existe pour cela, dans les premiers momens, des vaisseaux très-tenus, allant de la base du style au sommet du placenta. Ces filets se détruisent après la fécondation, et c'est alors seulement que le sommet du placenta devient libre.

M. de Saint-Hilaire adopte aussi, comme constante, l'existence d'un point ou d'un pore différent de l'ombilic, par lequel les vaisseaux fécondans arrivent à la graine, et auquel M. Turpin, comme nous l'avons dit dans un de nos précédens rapports, a donné le nom de *micropile*.

La partie purement botanique du Mémoire de M. de Saint-Hilaire offre beaucoup d'observations de détails, malheureusement peu susceptibles d'analyse, sur les caractères particuliers de certaines plantes, des familles qu'il a examinées, dont les

unes lui paraissent devoir servir de types à de nouveaux genres, et les autres devoir passer dans des familles différentes de celles où des observations incomplètes les avaient fait placer jusqu'à-présent.

Le pisang, bananier, ou figuier d'Adam, est une plante herbacée, de la hauteur d'un arbre, très-remarquable par l'énorme étendue de ses feuilles, et célèbre par l'utilité de ses fruits, qui fournissent aux habitans de la zône torride l'un des principaux articles de leur nourriture. La culture en a multiplié les variétés, au point qu'il y en a peut-être autant de sortes, que nous en possédons de poires ou de pommes; et qu'il est assez difficile de distinguer parmi elles, les espèces primitives qui pourraient s'y trouver; aussi les botanistes diffèrent-ils beaucoup dans leurs énumérations des espèces, et dans les caractères qu'ils leur assignent.

M. Desvaux, qui a recueilli tout ce que les observateurs disent des divers bananiers, des différences de leurs fruits, et de leurs usages, a cru pouvoir compter quarante-quatre variétés dans l'espèce commune, ou *musa paradisiaca* de Linnée, et trois espèces distinctes de celle-là : savoir, le *musa sapientum* Lin., le *musa Occinea*, aujourd'hui assez répandu dans nos serres, et l'*enseté*, décrit par Bruce, dans son Voyage aux sources du Nil.

Un arbre dont le fruit a éprouvé encore plus de modifications de la part de la culture que celui du bananier, c'est le figuier. M. le marquis de Suffren, qui habite la Provence, cette contrée si anciennement célèbre par l'excellence de ses figues, s'étant aperçu que les cultivateurs et les propriétaires sont fort éloignés de connaître exactement toutes les bonnes variétés qui peuvent convenir à chaque sol et à chaque exposition, et qu'ils ne tirent point de cet arbre précieux tout le parti qu'il offre à la province, a entrepris d'examiner et de décrire avec attention les diverses figues cultivées sur les côtes de la Méditerranée, depuis

Gênes jusqu'à Perpignan. Il a déja recueilli les figures coloriées, les descriptions exactes, et la concordance de la nomenclature de cent soixante-douze variétés, et sa revue générale n'est pas encore terminée, car il n'a pas épuisé la Provence, et il n'a point encore visité le littoral du Languedoc.

La partie de ce travail, qui a été communiquée à l'Académie, annonce un ouvrage qui deviendra fort utile à nos départemens méridionaux, sur-tout si l'auteur y ajoute les détails convenables sur les feuilles et sur les bourgeons, et s'il perfectionne ses caractères par des rapprochemens et des comparaisons immédiates.

M. Thiébaut de Berneaux, qui se propose de donner une traduction française des œuvres de Théophraste, et qui, pour reconnaître plus sûrement les végétaux dont ce célèbre successeur d'Aristote a parlé, a entrepris et en partie exécuté des voyages dans les pays où ces végétaux croissent, a présenté à l'Académie quelques-uns des résultats qu'il a déja obtenus, non-seulement sur les espèces indiquées par Théophraste, mais encore sur celles dont il est question dans les autres auteurs grecs et latins.

Ainsi le *chara*, que les soldats de César découvrirent si heureusement sous les murs de *Dyrrachium*, et dont la racine les préserva de la famine, méritait bien d'être retrouvé. On donne aujourd'hui ce nom à une petite herbe aquatique, qui certainement ne peut nourrir personne; et il y a sur le *chara* de César presque autant d'opinions qu'il y a de botanistes qui s'en sont occupés.

M. de Berneaux, après avoir examiné et éliminé successivement toutes ces opinions, en élève une dont *Clusius* seulement avait eu quelque soupçon : il montre que le *chara* devait se rapprocher des choux, et pense que c'était la plante connue aujourd'hui sous le nom de *crambe tataria*. En effet cette plante croît abondamment dans les environs de Dyrrachium, et dans toute la

Hongrie et la Turquie; elle a des racines très-longues et très-grosses, fermes et de bon goût, que l'on mange crues ou cuites dans tous les pays dont nous venons de parler, et qui y rendent encore de grands secours dans les temps de disette.

Plusieurs Latins désignent sous le nom d'*ulva* différentes plantes de marais; mais ils en indiquent spécialement sous ce nom une qui donnait, disent-ils, un fourrage excellent pour les moutons. Comme il n'y a guère parmi les plantes aquatiques que l'herbe à la manne (*festuca fluitans*) qui soit recherchée par les bêtes à laine, et comme ce gramen couvre une grande partie des marais d'Italie, M. de Berneaux croit y retrouver cette espèce particulière d'*ulva;* il montre que tous les passages où il en est question se rapportent très-bien au *festuca*, et il fait voir que c'est précisément aussi ce gramen que Théophraste et les Grecs ont désigné par le nom de *typha.*

Les anciens vantent beaucoup les propriétés utiles du *cytise*, mais ils ne le décrivent que très-imparfaitement, et les modernes ont beaucoup varié sur la plante qui doit porter ce nom. Quelques-uns ont pensé que c'est la luzerne en arbre (*medicago arborea*, l.). M. de Berneaux, qui a fait à ce sujet de très-longues recherches, croit que c'est plutôt notre faux ébénier (*cytisus laburnum* l.). Mais comme Pline parle clairement de ce dernier arbre sous le nom de *laburnum*, et qu'il le regarde comme différent du cytise, comme d'un autre côté quelques traits de la description que Dioscoride donne du cytise ne lui conviennent point entièrement, il a paru que l'opinion de M. de Berneaux à ce sujet souffrait encore quelques difficultés. Ce qui en mettra toujours beaucoup dans les discussions de ce genre, c'est que ni Pline, ni la plupart des naturalistes anciens, n'avaient assez de critique pour que dans les compilations qu'ils nous ont laissées, ils ne parlassent pas quelquefois, sans s'en apercevoir, de la même plante sous des noms différens, ou de plantes différentes sous le même nom.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

M. Dutrochet, médecin à Château-Renaud, dont nous avons déja rapporté en 1812 des observations intéressantes sur l'œuf de la vipère, a généralisé ses recherches, et en a présenté les résultats à l'Académie dans un Mémoire sur *les enveloppes du fœtus*, dont nous communiquerons ici quelques propositions, en faisant remarquer toutefois qu'elles n'ont pu être encore constatées par les commissaires de l'Institut, parce que les circonstances n'ont pas permis de se livrer à ce travail dans la saison où il aurait été nécessaire d'en faire la plus grande partie. Cependant un extrait de ce Mémoire doit être agréable aux physiologistes, et peut occasionner de nouvelles observations sur une matière obscure autant qu'intéressante.

L'auteur dit donc avoir observé que dans les premiers temps le fœtus renfermé dans l'œuf a une ouverture à ses parois abdominales et à son amnios, au travers de laquelle passe une extension de la vessie, qui forme le chorion et la membrane moyenne, en sorte que les vaisseaux ombilicaux ne seraient que des productions des vaisseaux de la vessie. Selon lui, l'œuf des reptiles est un vitellus dépourvu d'albumen; et dans la vipère, la membrane de la coque, d'une minceur extrême, disparaît vers le milieu de la gestation, et alors le chorion à nu contracte des adhérences avec l'oviductus, sans former pour cela un véritable placenta. Ainsi cette membrane de la coque serait l'analogue de la *membrane caduque* des mammifères. Il assure que le têtard de grenouille ne se dépouille point de sa peau pour se métamorphoser, mais que les pattes antérieures percent cette peau; que les mâchoires la déchirent, et que les ouvertures se cicatrisent. L'œuf de la grenouille et des batraciens en général est un vitellus dont la matière émulsive est contenue dans l'intestin même, qui, d'abord globuleux, s'allonge par degrés en un

tube spiral, tel qu'on le voit dans le têtard. M. Dutrochet a encore des idées fort particulières sur la respiration des fœtus, et notamment sur les branchies des têtards qu'il croit placées dans la caisse du tympan. Nous en parlerons plus au long quand il aura été possible de les vérifier et de les éclaircir sur la nature même.

L'anatomie comparée n'avait pas déterminé d'une manière positive la nature des organes respiratoires des cloportes. On savait bien que ces animaux ont de grands rapports de structure avec les crustacées; il y avait lieu de croire que les lames placées sous leur queue devaient servir à la respiration, comme elles y servent certainement dans les aselles et les petites chevrettes d'eau douce, animaux très-voisins des cloportes. Mais il restait à constater le fait, et à montrer à leur surface ou dans leur intérieur, un appareil quelconque propre à cette fonction.

M. Latreille, correspondant, qui a été nommé tout nouvellement membre de l'Académie, a rempli cette lacune de la zoologie. Il a fait voir sur quatre des lames en question, une petite partie jaunâtre, percée d'un trou, et contenant à l'intérieur de petits filamens, partie qu'il compare à celles qui, bien que différemment placées dans les araignées et dans les scorpions, y ont cependant une structure assez analogue, et y remplissent le même objet. Toutefois, malgré cette ressemblance partielle, et malgre l'existence d'une sorte de filière qu'il a observée dans les cloportes, et qui est un rapport de plus avec les araignées, M. Latreille n'en laisse pas moins les cloportes parmi les crustacées, en raison des autres rapports beaucoup plus nombreux qui les lient à cette classe.

Les insectes ont été depuis long-temps divisés en deux catégories, d'après la structure de leur bouche, les uns ayant des mâchoires bien développées, et qui peuvent servir à diviser des alimens solides, et les autres ne montrant que des espèces de

trompes ou de suçoirs propres seulement à pomper les liquides. Il y en a même qui prennent aux différentes époques de leur vie ces deux formes de bouche, et que la métamorphose rend suceurs dans leur état parfait, de broyeurs ou masticateurs qu'ils étaient à l'état de larve; tels sont, par exemple, les papillons, qui ne se servent, pour se nourrir, que d'une double trompe, d'ordinaire roulée en spirale, qu'ils déroulent pour s'introduire dans le fond de la corolle des fleurs, et en sucent le nectar; tandis que les chenilles, qui ne sont que des papillons non développés, ont la bouche armée de fortes mandibules, avec lesquelles elles découpent les feuilles les plus dures. On croyait même que la chenille, en prenant les ailes, les longues pattes, les belles antennes du papillon, prenait aussi sa trompe, et perdait entièrement ses mâchoires.

M. Savigny, membre de l'institut d'Égypte, a prouvé, par des recherches suivies et délicates, qu'il n'en est pas entièrement ainsi; mais que la nature, dans cette circonstance comme dans beaucoup d'autres, se borne à rappetisser de certaines parties, à en développer d'autres, et qu'elle parvient à des effets entièrement opposés par ces simples changemens dans les proportions. Il a découvert, à la base de la trompe des papillons, deux organes d'une petitesse extrême, mais qui n'en représentent pas moins les mandibules des chenilles; au dos du support de cette même trompe, il a trouvé deux très-petits filets, qui lui paraissent les analogues des palpes maxillaires; en sorte que les deux lames dont la trompe se compose sont, selon M. Savigny, les pointes extrêmement allongées des maxilles, c'est-à-dire de la paire inférieure des mâchoires. Enfin les grands palpes connus de tous les naturalistes sont les palpes de la lèvre inférieure. On avait déja aperçu, dans quelques genres de papillons de nuit, les deux petits palpes maxillaires; mais c'est à M. Savigny que l'on doit de savoir qu'ils existent dans toute la famille. Cet

habile observateur a aussi établi une comparaison suivie et une analogie marquée entre les soies et quelques autres petites parties qui accompagnent d'ordinaire le suçoir des insectes à deux ailes, et les mandibules et maxilles des insectes masticateurs; en sorte que la structure de cette nombreuse classe d'animaux offre, dans cette partie importante de son organisation, une uniformité plus satisfaisante qu'on ne l'avait cru jusqu'à-présent.

M. Savigny a également examiné la bouche des insectes qui joignent à des mâchoires évidemment reconnaissables pour telles, une trompe formée par le prolongement de leur lèvre inférieure, insectes dont les plus remarquables sont les abeilles. On avait cru voir que l'ouverture du pharynx était située en dessous de cette trompe ou de cette lèvre, tandis que dans les masticateurs ordinaires elle l'est en dessus; mais c'était une erreur : le pharynx est toujours sur la base de la trompe, et il y est même garni de parties intéressantes à connaître, et dont M. Savigny donne une description détaillée. Son Mémoire est destiné au grand ouvrage sur l'Égypte, dont nous allons bientôt devoir la terminaison à la généreuse munificence du Roi.

M. Cuvier a fait des recherches sur une autre classe, dont la bouche présente aussi, du moins en apparence, de nombreuses anomalies; c'est celle des poissons. On y retrouve au fond toutes les pièces qui appartiennent à celle des quadrupèdes; mais quelques-unes y sont plus subdivisées, et une partie de leurs subdivisions y sont quelquefois réduites à une petitesse telle qu'elles n'y peuvent remplir leurs fonctions, et que l'on éprouve même de la difficulté à les apercevoir. Le très-grand nombre des poissons a des intermaxillaires et des maxillaires très-visibles; mais ces os diffèrent beaucoup entre eux par la proportion; et les maxillaires sur-tout font tantôt partie du bord de la mâchoire, et portent des dents; tantôt ils sont placés plus en arrière, et ne portent point de dents, circonstance où les ichtyologistes ne

les ayant pas reconnus pour ce qu'ils sont, les ont nommés *mistaces*, ou *os labiaux*. Ces différences donnent à l'auteur des caractères génériques très-commodes pour opérer une distribution plus naturelle des espèces; mais ils ne peuvent servir à distinguer les ordres. Pour ce dernier objet, M. Cuvier a recours à des différences plus fortes, telles que la coalition ou soudure des maxillaires aux intermaxillaires, qui a lieu, par exemple, dans les *tetrodons*, les *coffres*, les *balistes*, ou telles que la disparition des uns et des autres, et l'obligation où s'est trouvée la nature d'employer les os palatins pour former la mâchoire supérieure, ce qu'on observe dans les *raies*, les *squales*, et les autres *chondroptérigiens*.

L'auteur n'a pu découvrir d'autres caractères que ceux-là pour établir une première distribution de la classe des poissons. En conséquence il renvoie aux poissons ordinaires les genres qui, ayant la même structure de bouche et de branchies, avaient cependant été placés parmi les poissons branchiostèges ou cartilagineux, à cause de quelques singularités de forme extérieure, ou parce que leur squelette se durcit un peu plus tard que celui des autres: tels sont les *centrisques*, les *baudroyes*, les *cycloptères*, les *lepadogastères*, etc.

M. Cuvier a fondé sur ces vues et sur d'autres semblables, la méthode particulière d'après laquelle les poissons seront distribués dans l'ouvrage qu'il prépare sur l'Anatomie comparée.

Le même naturaliste a présenté à l'académie des recherches sur un assez grand nombre d'espèces de poissons, qu'il a observés dans trois voyages faits à différentes époques sur les côtes de la Méditerranée. Quelques-unes sont nouvelles, d'autres avaient été mal placées ou mal nommées par les auteurs; plusieurs ont offert des observations intéressantes relativement à leur structure, ou donné lieu à l'établissement de genres nouveaux, ou à la subdivision de genres anciens; ce détail ne peut entrer dans un

rapport tel que celui-ci; mais les naturalistes le trouveront dans le premier volume des Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle, dont il vient déja de paraître une livraison.

M. Risso, auteur de l'Ichtyologie de Nice, a fait parvenir à l'Académie un supplément à cet ouvrage, où il décrit plusieurs poissons qu'il ne connaïssait point lorsqu'il le publia, et dont quelques-uns sont fort intéressans par les particularités de leurs caractères.

M. Lamouroux a étendu et perfectionné son grand travail sur les polypiers non pierreux, dont nous avons déja parlé il y a deux ans, et l'on doit espérer qu'il en fera bientôt jouir les naturalistes.

On se rappelle les belles expériences de M. Magendie, sur le vomissement, et l'invitation que lui fit l'Académie d'examiner la part que l'œsophage pouvait avoir dans ce mouvement désordonné de l'estomac. Quoique ses recherches ne lui aient point encore donné de résultats décisifs, elles lui ont paru assez intéressantes pour être communiquées.

Les constrictions et relâchemens alternatifs de l'œsophage ne lui ont paru avoir lieu que dans son tiers inférieur, où il est principalement animé par les nerfs de la huitième paire. La constriction augmente beaucoup et dure long-temps, quand l'estomac est rempli. Lorsque l'œsophage est coupé et détaché du diaphragme, l'injection de l'émétique dans les veines ne produit plus de vomissement, et son introduction immédiate dans l'estomac devient nécessaire.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

M. Delpech, professeur de chirurgie à Montpellier, a adressé à l'Académie un Mémoire sur la pourriture d'hôpital, espèce de gangrène qui survient aux plaies quand les blessés sont trop ac-

cumulés. Il s'est assuré que cette maladie funeste, et dont peu de praticiens ont parlé, est essentiellement le produit d'une contagion locale; elle se propage par le linge, par la charpie, et par les instrumens. Elle prend une marche plus lente quand on peut déplacer les blessés ou les exposer à un courant d'air; les soins les plus minutieux de propreté sont nécessaires pour l'empêcher de se répandre; mais le seul vrai remède, selon M. Delpech, est de détruire la vie par le cautère actuel, dans les parties qui en sont affectées.

Il y a quelques années que M. Maunoir, chirurgien de Genève, fit parvenir un Mémoire sur les avantages de la méthode d'amputation, inventée en Angleterre, et qui consiste à couper la peau plus bas que l'os et les muscles, et de manière à en conserver assez pour recouvrir le moignon en la rapprochant immédiatement.

M. Roux, chirurgien de Paris, en a présenté un sur le même sujet, où il fait voir, d'après son expérience, que cette méthode diminue les souffrances du blessé, qu'elle prévient les hémorragies et la suppuration, qu'elle accélère beaucoup la guérison de la plaie, et qu'elle laisse le moignon dans un état plus commode et sujet à moins d'accidens. Il indique les précautions nécessaires pour éviter quelques inconvéniens que lui reprochaient ceux qui la pratiquaient mal, et sur-tout pour ménager au sang et au pus, s'il s'en produit, une issue suffisante. M. Percy, notre confrère, qui l'emploie depuis sa jeunesse, et qui, comme il le dit lui-même, a eu le triste avantage de faire ou d'aider à faire plus d'amputations que peut-être aucun chirurgien qui ait existé, exprime hautement dans son rapport, le vœu que le travail de M. Roux puisse bientôt rendre général un procédé si utile.

Deux jeunes chirurgiens de Paris, MM. Lisfrand et Champenne, ont fait connaître une méthode qu'ils ont imaginée pour l'amputation du bras dans son articulation supérieure, l'une des opé-

rations les plus difficiles de leur art; en faisant pénétrer l'instrument sous les deux proéminences de l'omoplate, nommées acromion et apophise coracoïde, ils arrivent immédiatement dans la capsule articulaire, et terminent l'opération plus vîte que par aucun des procédés employés avant eux.

M. de Saissy, chirurgien à Lyon, a obtenu des succès contre plusieurs surdités, en faisant des injections dans la caisse du tympan, par la trompe d'Eustache : il a envoyé à l'Académie la description de sa méthode, et l'histoire des cures qu'il a opérées.

Le Traité sur les poisons, de M. Orfila, dont nous avons annoncé le premier volume dans notre rapport de l'année dernière, a été continué, et le second volume en a été soumis à l'Académie, en manuscrit. Il traite des effets délétères des préparations de l'étain, du zinc, de l'argent, de l'or, ainsi que des acides minéraux concentrés, des alcalis caustiques, du phosphore, des cantharides, du plomb, et de l'iode, et un appendice sur les contre-poisons du sublimé corrosif, et de l'arsenic. L'auteur y expose avec soin, et d'après des expériences neuves et exactes, l'effet physiologique de ces substances, soit avalées, soit injectées dans les veines.

Le lait, suivant M. Orfila, est le contre-poison du muriate d'étain; le sel marin, du nitrate d'argent ou pierre infernale; la magnésie calcinée, des acides, pourvu qu'on l'emploie très-promptement; les sulfates de soude et de magnésie, ou sels de glauber et d'epsom, quand on les prend en grande quantité et à plusieurs reprises, arrêtent l'effet des sels de plomb et de baryte, et l'acide acétique est le remède à l'action des alcalis.

M. Orfila prouve que le charbon, qui avait été recommandé contre le sublimé et l'arsenic, n'y peut faire aucun bien; c'est gagner beaucoup que de connaître l'inefficacité d'un remède contre des maux où l'on n'a le temps d'en employer aucun d'inutile.

VÉTÉRINAIRE ET AGRICULTURE.

M. Huzard a soigneusement informé l'Académie des progrès et de la terminaison de cette terrible maladie qui a fait périr la plus grande partie des bêtes à cornes dans les provinces où la guerre a porté ses ravages. C'est une fièvre bilieuse et putride d'une nature éminemment contagieuse, qui, sans exister en Hongrie, paraît naître chaque fois que des bœufs de ce pays sont transportés au loin à la suite des armées. L'interruption absolue des communications a été le seul préservatif efficace, mais aucun remède n'a pu sauver les individus attaqués : heureusement leur chair n'était point malfaisante, ce qui a diminué un peu la ruine de leurs propriétaires.

Le même membre a lu une notice sur une maladie qui avait éclaté parmi les bestiaux du village de Rosny, et que différentes circonstances avaient fait prendre pour la rage : il a reconnu que ce n'était qu'une esquinancie gangreneuse.

M. le marquis de Cubières, correspondant, a composé un ouvrage dont il a soumis le manuscrit à l'Académie, et qui traite d'une partie agréable de culture, celle des jardins imitant les paysages naturels, que nous appelons improprement jardins anglais, quoique le célèbre auteur comique Dufresny passe pour en avoir offert en France le premier modèle vers la fin du XVII^{e} siècle. L'auteur rassemble tous les secours que la botanique et la physique peuvent offrir à un art qui a long-temps charmé ses loisirs, et les expose dans le style élégant que devait inspirer la nature de son sujet, et qui convient aux gens du monde, à qui il destine principalement son livre.

M. Tollard, agriculteur et négociant à Paris, a proposé quelques compositions de prairies artificielles, formées de certaines plantes qu'il associe d'après l'habitude qu'elles ont de croître ensemble, et d'après des vues relatives aux différens sols et aux

qualités que ces plantes donneraient aux foins. Ces assortimens ont besoin d'être mis pendant quelques années en expérience, avant que l'on puisse en recommander généralement l'adoption.

Le même auteur a présenté une histoire des végétaux utiles, introduits depuis dix ans dans l'agriculture française, et un Mémoire particulier sur le *dahlia*, plante nouvellement répandue dans nos jardins, dont sa fleur est un bel ornement, et qui donne des racines plus grosses et presque aussi bonnes à manger que celles du topinambour.

Parmi les bourgeons des arbres, il en est qui ne se développent point avec les autres, et qu'on appelle *yeux éteints*, mais qu'on devrait nommer plutôt *yeux endormis*, car il est possible de les retirer de cette espèce de léthargie, même après qu'elle a duré quelques années. Elle est due le plus souvent à la tendance de la sève à se porter aux bourgeons supérieurs et à les allonger en branches gourmandes. Les yeux ou bourgeons inférieurs sont privés par-là de participer à ce fluide nourricier. Il n'en résulte aucun inconvénient pour les arbres destinés seulement à produire du bois ou à donner de l'ombrage; mais dans les arbres fruitiers, où l'on veut disposer toutes les branches d'après un certain but, on est quelquefois obligé de mettre des greffes en écusson aux endroits que les yeux éteints occupent; moyen long et peu sûr. M. Marion de la Martinière, propriétaire-cultivateur, en a pratiqué un autre plus simple et qui lui a mieux réussi, c'est de faire au-dessus de l'œil éteint une petite entaille en forme de V renversé, qui pénètre jusqu'à l'aubier. En retardant ainsi la marche de la sève ascendante, on la contraint de développer le bourgeon ou d'en produire d'autres.

Nous pourrions aussi compter parmi les travaux de l'Académie, en agriculture, les Mémoires sur les moutons d'Espagne, dits *Mérinos*, par MM. Tessier et Yvard. La description de l'école-pratique d'agriculture du Muséum d'Histoire Naturelle par

M. Thouin, et l'essai du code rural par M. de la Bergerie, correspondant; mais comme le public jouit déja de ces ouvrages depuis plusieurs mois, nous devons nous borner à en rappeler les titres.

Une raison contraire nous engage à dire quelques mots d'un ouvrage considérable que M. de Lasteyrie du Saillant a présenté à l'Académie sur toutes les branches de l'agriculture et de l'économie rurale et domestique des Chinois. Il est recueilli de tous les auteurs qui ont écrit sur la Chine, et appuyé d'un très-grand nombre de dessins faits à la Chine et par des Chinois, où sont représentés tous les procédés de leur industrie et tous les instrumens qu'ils y emploient. Ce grand empire, où une immense population est entièrement nourrie par l'agriculture, et où cet art est honoré et protégé sans interruption depuis le premier établissement de la monarchie, ne peut manquer d'y avoir fait de grands progrès; et, en effet, M. de Lasteyrie nous fait connaître plusieurs ustensiles plus simples et plus commodes que ceux dont nous nous servons pour les mêmes objets, et nous indique des procédés qui se naturaliseraient chez nous avec avantage, principalement pour la culture des arbres fruitiers. Il n'est pas jusqu'à des procédés de teinture que nous pourrions aisément imiter des Chinois. Ainsi ils préparent avec quelques espèces de renouées fort communes ici, une couleur bleue qui, si nous adoptions leur méthode, pourrait diminuer la consommation de l'indigo.

M. Yvard, devenu depuis notre confrère, avait présenté, lorsqu'il n'était encore que correspondant, un grand traité sur les plantes nuisibles aux céréales, et sur les moyens d'en préserver les terres cultivées. Ce qu'on appelle communément mauvaises herbes, sont les enfants de la nature; des espèces de sauvages, dont les plantes cultivées envahissent journellement le territoire, et qui tendent, par tous leurs moyens, à s'y maintenir; elles

le reconquièrent en effet pour peu que l'homme se néglige; l'air, les eaux, les animaux, en rapportent les semences; la terre les recèle long-temps, et au moment favorable on les voit pulluler; souvent le cultivateur imprudent les sème lui-même avec des fumiers mal faits. M. Yvard, qui en fait connaître plus de trois cents, ne laisse ignorer aucun des soins actifs, des stratagêmes même qu'il faut employer dans l'espèce de guerre qu'on leur livre; et il en traite toujours d'après une expérience positive.

Ce savant cultivateur a rendu à l'agriculture un service encore plus immédiat, en publiant au printemps dernier, par la voie des journaux, les moyens que son expérience lui indiquait comme les plus propres à réparer les pertes que les événemens de la guerre avaient pu causer, en détruisant le blé en herbe. Il a eu le bonheur de voir ses conseils fructifier; on ne s'est pas aperçu au prix des grains, que nos plus belles provinces avaient été des champs de bataille. C'est par de semblables applications de l'agriculture et des arts perfectionnés par l'esprit des sciences, que la France a combattu, pendant vingt ans, les désastres toujours renaissans d'une guerre cruelle, et qu'elle s'est trouvée en état de supporter, sans y succomber, la douloureuse opération de laquelle dépendait la fin de ses maux.

ANNÉE 1815.

Encore une année de devastation et de terreur! La discorde ensanglantant de nouveau notre patrie; l'existence de ce beau royaume remise en question; le repos et la fortune des plus paisibles citoyens un moment sans protection et sans garantie; d'innombrables armées inondant nos provinces, s'emparant de nos villes, ressaisissant violemment, au milieu d'une capitale

conquise, ces trésors des arts accumulés naguères par d'autres violences : telles ont été, pour les plus innocens, les suites d'un trop coupable attentat. Mais les sciences consolent et tranquillisent ; aujourd'hui tous les peuples les respectent : au milieu du tumulte des armes, nos Archimèdes n'ont rien à redouter de ces soldats éclairés, à qui leurs noms et leurs travaux sont connus, et qui se réjouissent de pouvoir devenir un instant leurs disciples. Peut-être même est-ce aux momens les plus terribles que, refugiés dans les profondeurs de la méditation, se dérobant, dans l'exaltation de leur esprit, aux horreurs qui les environnaient, ils sont arrivés quelquefois aux combinaisons les plus heureuses, aux découvertes les plus fécondes. On verra du moins que la liste des travaux de cette année ne le cède en rien à celle des temps les plus paisibles.

CHIMIE.

Nous avons parlé, depuis deux ans, de ces acides sans oxygène, ou, comme on les appelle maintenant, de ces *hydracides*, qui sont venus faire une brèche si considérable à l'imposant édifice de la théorie chimique de Lavoisier. Les travaux de M. Gay-Lussac ont constaté cette année qu'il y en a un de plus à ranger dans cette classe : celui que M. de Morveau avait appelé acide prussique, parce qu'il entre dans la composition du bleu de Prusse, et que son radical n'étant pas connu, il n'était pas possible alors d'en dériver sa dénomination.

Les expériences de Margrave, de Bergman et de Scheele ne permettaient pas de douter que, dans le bleu de Prusse, le fer ne fût uni avec une substance qui jouait le rôle d'un acide ; cependant M. Berthollet avait soupçonné depuis long-temps qu'il n'entrait point d'oxygène, mais seulement du carbone, de l'azote, et de l'hydrogène, dans sa composition ; et c'est ce soupçon que M. Gay-Lussac vient de changer en certitude.

En décomposant, avec des précautions qu'il indique, le prussiate de mercure par l'acide hydrochlorique (autrement muriatique), il obtient l'acide prussique pur; et nous avons déja parlé, dans un de nos rapports précédens, des propriétés singulières qu'il lui a reconnues dans cet état, et principalement de son extrême volatilité. Brûlant ensuite la vapeur de cet acide par l'oxygène et l'étincelle électrique, il obtient des quantités déterminées d'eau, d'acide carbonique, et d'azote; il défalque l'oxygène consommé dans la production des deux premières de ces substances, et il arrive à cette conclusion, qu'un volume de vapeur d'acide prussique résulte de la combinaison et de la concentration d'un volume de vapeur de carbone, d'un demi-volume d'azote, et d'un demi-volume d'hydrogène, ou, en exprimant ces volumes en poids, d'après la densité de chacune de ces vapeurs, que cent parties d'acide contiennent

44.39 de carbone,
51.71 d'azote,
3.90 d'hydrogène.

Ainsi l'acide prussique renferme plus d'azote et moins d'hydrogène que les autres substances animales, dont il se distingue sur-tout par l'absence totale d'oxygène.

C'est le premier hydracide connu dont le radical soit décomposable; et ce radical, M. Gay-Lussac est aussi parvenu à l'obtenir débarrassé de son hydrogène. Ne pouvant conserver cette épithète de *prussique*, qui ne tient qu'à un accident, il lui a donné le nom de *cyanogène* (c'est-à-dire *produisant du bleu*). L'acide prussique prendra donc désormais la dénomination d'*hydrocyanique*, ses combinaisons avec les bases celle d'*hydrocyanates*, et les combinaisons de son radical celle de *cyanures*.

Nous voudrions pouvoir rendre compte des expériences aussi nombreuses que délicates par lesquelles M. Gay-Lussac a rapporté à l'une ou à l'autre de ces classes les divers produits de

l'action de l'acide prussique sur les corps, et toutes les propriétés qu'il y a fait connaître; mais l'espace ne nous le permet pas. Qu'il nous suffise de dire que le *bleu de Prusse*, en particulier, lui paraît plutôt un *cyanure de fer* qui aurait retenu de l'eau, qu'un *hydrocyanate*, ou, comme on le disait autrefois, un *prussiate*.

Ce *cyanogène*, considéré isolément, a offert lui-même des propriétés fort remarquables; c'est un fluide élastique permanent, dont la densité est à celle de l'air comme 1.8064 à 1, d'une odeur particulière et très-vive, qui donne à l'eau une saveur piquante, et brûle avec une flamme purpurine. L'eau en absorbe quatre fois son volume, et l'alcool vingt-trois fois. Son analyse directe a donné le même résultat que celle de l'acide hydrocyanique, c'est-à-dire un volume de vapeur de carbone pour un demi-volume d'azote.

M. Gay-Lussac a aussi présenté à l'Académie des Mémoires sur le froid qui résulte de l'évaporation, et sur l'évaporation dans l'air à différens degrés de température et de pression, où il exprime, par une formule, les résultats de l'expérience. Il a fait suivre le dernier d'un Mémoire sur l'hygrométrie, qui en offre les conséquences immédiates; mais ces ouvrages n'ayant point encore acquis, à son gré, cette précision et cet ordre qu'il est accoutumé de donner à tout ce qu'il publie, l'auteur a cru devoir en différer l'impression.

M. Dulong, professeur d'Alfort, a présenté, sur l'acide oxalique, quelques expériences qui, sans former encore un ensemble complet, ouvrent cependant des vues intéressantes pour la science. En saturant cet acide de baryte, de strontiane ou de chaux, l'on obtient des sels qui représentent toujours l'acide employé, même après qu'on les a exposés à une chaleur supérieure à celle de l'eau bouillante; mais avec de l'oxide de plomb ou de zinc, on perd toujours vingt pour cent de l'acide par la dessiccation. En pous-

sant ensuite au feu ces oxalates métalliques desséchés, il ne se montre point d'eau; mais on obtient de l'acide carbonique, du gaz oxide de carbone, et il reste des oxides des métaux employés, dont celui de plomb offre des propriétés particulières. Les oxalates de cuivre, d'argent et de mercure donnent, au contraire, toujours de l'eau dans leur décomposition, quelque desséchés qu'ils aient été, en même temps que de l'acide carbonique, et le résidu est à l'état métallique. Il y a détonation pour l'oxalate d'argent, et l'on sait d'ailleurs qu'il détone par le choc aussi-bien que les oxalates de mercure.

Quant aux oxalates de baryte, de strontiane et de chaux, ils donnent, en se décomposant par la chaleur, de l'huile empyreumatique, de l'eau, de l'oxide de carbone, de l'hydrogène carboné, de l'acide carbonique, et il reste un mélange de sous-carbonate et de charbon.

On pourrait expliquer ces phénomènes de deux manières.

Ou l'acide oxalique serait composé seulement de carbone et d'oxygène dans des proportions intermédiaires entre celles de l'acide carbonique et de l'oxide de carbone, mais il contiendrait de l'eau, que certains oxalates, comme ceux de plomb et de zinc, abandonneraient par le desséchement, tandis que les autres la retiendraient; ou bien il serait composé d'acide carbonique et d'hydrogène. Ce dernier, avec l'oxygène de l'oxide, formerait de l'eau que ces premiers oxalates laisseraient encore échapper, et il ne resterait alors que l'acide carbonique et le métal, combinaison nouvelle en chimie, car on y regardait comme un principe général, que les métaux ne peuvent s'unir avec les acides qu'après avoir été oxidés. M. Dulong, qui penche pour cette dernière explication, pense donc que ces oxalates de plomb et de zinc desséchés ne sont pas de vrais oxalates, et il propose de leur donner, ainsi qu'aux combinaisons du même genre qu'on pourrait découvrir, le nom de *carbonides*. Quant aux oxalates qui ne don-

nent point d'eau par le desséchement, ils contiendraient l'acide oxalique dans son intégrité; et comme, d'après sa composition, on le nommerait désormais hydrocarbonique, les sels mêmes s'appelleraient hydrocarbonates.

M. Dulong est conduit par l'analogie à des conclusions très-générales, par lesquelles il fait rentrer sous les mêmes lois non-seulement les acides ordinaires, mais encore les hydracides : mais nous en rendrons un compte plus détaillé lorsque lui-même aura remis les Mémoires plus étendus qu'il promet.

L'action chimique de la lumière solaire sur les corps est digne de toute l'attention des savans, par son influence sur la plupart des phénomènes de la nature vivante, et cependant elle a été peu examinée jusqu'ici. M. Vogel vient d'ajouter quelques expériences à celles que l'on possédait à cet égard. L'ammoniaque et le phosphore qui n'agissent point l'un sur l'autre dans l'obscurité, dégagent à la lumière solaire du gaz hydrogène phosphoré, et déposent une poudre noire composée de phosphore et d'ammoniaque intimement combinés. Il en est à-peu-près de même du phosphore avec la potasse. L'action des divers rayons n'est pas toujours semblable; les rouges ne produisent pas d'effet sur une dissolution de sublimé corrosif dans l'éther, tandis que les bleus et la lumière complète y opèrent une décomposition mutuelle. Les muriates métalliques très-oxidés sont ramenés par la même voie au minimum d'oxidation.

Nous avons dit quelques mots, les deux années précédentes, des recherches de M. Chevreul, aide-naturaliste au Muséum d'Histoire Naturelle, sur le savon et sur ce qui se passe lors de la saponification. Cet habile expérimentateur a reconnu que l'action de la potasse produit entre les élémens de la graisse de nouveaux modes de combinaisons, d'où résultent des substances qui n'y existaient pas toutes formées auparavant, et dont deux, la margarine et une sorte d'huile ou de graisse fluide, acquièrent

toutes les propriétés des acides. L'auteur, poursuivant son travail, s'est assuré que les mêmes effets sont produits par la soude, les terres alcalines, et divers oxides métalliques, et que les substances résultantes sont en même proportion, de quelque agent qu'on se soit servi : la magnésie et l'alumine se bornent au contraire à contracter avec la graisse une certaine union, mais sans en répartir ainsi les élémens en divers composés. La quantité d'alcali nécessaire pour convertir en savon une quantité donnée de graisse, est précisément celle qui peut saturer la margarine et l'huile que cette graisse produit. Notre laborieux chimiste a terminé ses Mémoires sur cette matière, en assignant la capacité de saturation de la margarine et de la graisse fluide, et en faisant connaître les propriétés de plusieurs nouvelles combinaisons savonneuses, qu'il a produites par le jeu des affinités doubles, en mêlant une dissolution chaude de graisse fluide et de potasse, avec différens sels terreux ou métalliques. Il est parvenu ainsi à rendre les savons, dont l'étude avait été négligée jusqu'à-présent, presque aussi connus que les sels dont les chimistes se sont le plus occupés.

Feu M. de Fourcroy avait fait connaître sous le nom d'*adipocire* une substance que l'on sépare par le moyen des acides, de la matière grasse dans laquelle se convertissent les corps des animaux enfouis dans la terre, et il l'avait regardée comme identique avec celle que l'on retire à l'état cristallin des calculs biliaires de l'homme et avec le sperma-ceti, ou blanc de baleine, qui se trouve en grande abondance dans certaines cavités de la tête du cachalot.

M. Chevreul, conduit par ses recherches sur les corps gras, à examiner ces matières, a trouvé que celle des calculs biliaires ne donne point de savon, tandis que le sperma-ceti en fournit aussi aisément que la graisse, mais en s'altérant un peu autrement, dans d'autres proportions et avec des propriétés particu-

lières. Le gras des cadavres est bien plus composé que ne le croyait Fourcroy, et l'on y trouve différens corps gras combinés avec l'ammoniaque, la potasse et la chaux. C'est une graisse qui a déja subi l'action des alcalis.

Chacun a pu observer une excrétion résineuse d'un jaune-orangé qui sort des crevasses de l'écorce des bûches de hêtre exposées à l'humidité sous formes de lames ou de filets contournés comme du vermichel. M. Bidault de Villiers a fait sur cette matière quelques expériences chimiques. Il s'en dissout une partie dans l'eau, une autre dans l'alcool, et le résidu a plusieurs des propriétés du gluten. L'acide nitrique la convertit en acide oxalique, en matière jaune amère très-abondante et en un corps gras, mais n'y produit aucun acide muqueux. Elle donne au feu beaucoup de carbonate d'ammoniaque et une huile fétide; en sorte que les commissaires de l'Académie ont dû la regarder comme tenant de près à la nature des substances animales. Il sera intéressant de faire des recherches sur les causes de sa production.

Une des époques où la chimie se soit montrée plus brillante et plus utile, a été, sans contredit, celle où la France, séparée pendant vingt ans des contrées dont les productions étaient devenues depuis si long-temps pour nous de véritables besoins, a été obligée d'y suppléer par des produits de son sol. Les arts connus ont été perfectionnés; des arts nouveaux ont été créés. Nous avons vu successivement extraire la soude du sel marin; former de toutes pièces l'alun et la couperose; rendre fixes des couleurs que l'on regardait comme faux teint; l'indigo du pastel remplacer celui de l'anil; la garance suppléer à la cochenille, et le sucre de betterave tenir lieu de celui de canne.

Ce dernier article, le plus important de tous n'a pas perdu à beaucoup près son intérêt dans les circonstances actuelles. Il est vrai que beaucoup de fabriques sont tombées; mais celles qui ont

été dirigées avec intelligence subsistent et prospèrent encore; et, selon M. le comte Chaptal, leur produit pourra toujours rivaliser avec le sucre des colonies. Ce savant chimiste donne une preuve sans réplique de son assertion, puisqu'il continue de fabriquer avec profit: il est vrai que dans tous les détails de la culture, de la récolte et de la préparation, ainsi que dans l'emploi des divers déchets, il s'est éclairé des lumières de la science et de celles de l'expérience, au point de ne rien rejeter qui puisse servir, et d'employer à d'autres usages tout ce qu'il est obligé de rejeter. Il a décrit ces procédés d'une manière assez claire pour qu'ils puissent être saisis par tous les fabricans, et nous devons espérer que son ouvrage aidera à conserver à la France une industrie précieuse, et dont mille événemens pourraient faire de nouveau une industrie nécessaire.

Le troisième volume de la *Chimie élémentaire* de M. Thénard a paru. Ce savant professeur y traite avec le plus grand détail, et d'après les découvertes les plus modernes parmi lesquelles il en est un si grand nombre que la science lui doit, des principes immédiats des corps organisés, des divers produits de leurs décompositions, et de leurs emplois dans les arts. Le quatrième, qui est sous presse, terminera l'ouvrage.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Entre les questions que les savans occupés de la théorie de la terre agitent ordinairement, il en est peu de plus difficile, ni qui ait occasionné des disputes plus longues et plus opiniâtres que celle de l'origine des basaltes et des vaques, sortes de roches que les uns considèrent comme des produits d'anciens volcans, tandis que d'autres les regardent comme déposés dans le liquide général où se sont formées les roches ordinaires, et comme analogues aux trapps des terrains primitifs.

M. Cordier, inspecteur-divisionnaire des Mines et correspondant de l'Académie, ayant porté aussi son attention sur ce grand problème, a imaginé, pour le résoudre, des moyens entièrement nouveaux.

Ses premières réflexions lui firent apercevoir que la plus grande difficulté, pour comparer les matières d'une nature contestée, avec celles dont l'origine, soit volcanique ou non volcanique, est incontestable, tient à ce que les unes et les autres se composent souvent de particules tellement mélangées, réduites en pâte d'apparence tellement homogène, qu'il est impossible à l'œil de les discerner. La chimie ne peut venir ici au secours des sens, parce qu'elle confond toutes ces particules dans ses analyses, et ne donne en résultat que la liste totale de leurs élémens primitifs, au lieu de distinguer ceux qui appartiennent à chacune de leurs espèces.

M. Cordier imagina donc un nouveau mode d'analyse mécanique, qui consiste à réduire d'abord en parcelles les espèces minérales dont on peut soupçonner l'existence dans les roches que l'on veut examiner; à bien déterminer les caractères physiques de ces parcelles et leur manière de se comporter au chalumeau; à pulvériser ensuite les roches dont on fait l'objet de son étude; à trier, au moyen du vannage ou du lavage, les diverses sortes de particules que cette pulvérisation a détachées les unes des autres, et à les soumettre aux mêmes épreuves que l'on a fait subir aux parcelles de substances bien connues.

C'est, comme on voit, une sorte de minéralogie microscopique dont M. Cordier a tiré un excellent parti. Les pâtes pierreuses, reconnues pour des laves, et historiquement constatées pour telles se sont fort bien prêtées à cette nouvelle analyse : leurs particules se sont assez aisément séparées; elles ne lui ont offert qu'un petit nombre de combinaisons, dans lesquelles dominaient tantôt le feld-spath, tantôt le pyroxène, et où ils s'alliaient en diverses

proportions au fer titané ; à ces trois élémens constans se mêlaient, mais d'une manière moins générale, l'amphibole, l'amphigène, le mica, le péridot, et le fer oligiste.

Les pâtes basaltiques d'une origine plus ou moins contestée, n'ont pas été plus difficiles à diviser dans leurs parties constituantes et ces parties ne se sont pas trouvées différentes. Toutes ces pâtes anciennes ou modernes, reconnues ou non pour des laves, sont donc, selon l'auteur, des granites microscopiques dans lesquels l'uniformité du tissu entrelacé n'est interrompue que par de très-petits vides un peu moins rares dans certaines laves que dans d'autres, et qui paraissent, à l'œil nu, des masses homogènes où dominent, soit les caractères du pyroxène, soit ceux du feld-spath, et qui ne peuvent plus alors être distinguées qu'en deux sortes.

Une partie des scories qui accompagnent les laves pierreuses, et qui sont les premiers produits de la coagulation des matières en fusion, se composent aussi de grains divers, mais plus fins, moins règulièrement entrelacés, et cependant des mêmes espèces que les masses qu'elles recouvrent; une autre partie plus altérée par l'action du feu se rapproche davantage de l'état vitrifié : d'autres enfin sont complétement à cet état, mais il leur reste toujours assez de traces de leur origine pour qu'on ne puisse les méconnaître. Elles se rapportent toujours à l'un des deux ordres principaux de combinaisons, reconnus parmi les laves pierreuses.

M. Cordier cherche à expliquer, par la différence d'état des scories, ce phénomène qui a frappé plusieurs voyageurs, que certains courans de laves restent éternellement stériles, tandis que d'autres se parent promptement de la plus belle végétation. C'est que les premiers, plus vitrifiés que les autres, se décomposent moins aisément.

L'auteur examine aussi les obsidiennes, ou verres volcaniques,

et, en comparant toutes les nuances de leur plus ou moins de vitrification, il y trouve toujours quelques traces de ce pyroxène ou de ce feld-spath, principes dominans des deux ordres de lave, et les obsidiennes qui fondent en verre noir, lui ont montré des transitions parfaites jusqu'au basalte le plus dense; en un mot, les obsidiennes, les scories, les laves, les basaltes, ne diffèrent point en composition, mais seulement par les accidens de leur tissu. Il n'est pas jusqu'aux sables et cendres volcaniques où l'on ne retrouve, par le lavage, les mêmes matériaux dont l'aggrégation forme les laves voisines. M. Cordier a suivi ces matériaux dans les diverses substances, après qu'elles ont été altérées par le temps, et les y a dégagés des substances nouvelles qui les ont enveloppés, ou qui se sont infiltrées dans leurs intervalles; en un mot, il n'a négligé l'examen d'aucune des modifications des produits volcaniques vrais ou contestés, et il n'a trouvé nulle part ses règles générales en défaut; mais lorsqu'il est passé enfin à ces trapps, à ces cornéennes, à ces petro-silex, en un mot, à ces anciennes roches auxquelles on avait voulu rapporter les basaltes, il n'y a plus reconnu aucun de ces caractères si marqués qui établissent entre les laves et les basaltes des rapports incontestables.

La masse de ces anciennes roches n'a point de vides apparens; à peine y aperçoit-on des grains, et ils ne diffèrent point entre eux pour la couleur; on ne peut pas les isoler, ni en faire l'analyse mécanique. Par conséquent, si une partie de ces roches se compose de matériaux hétérogènes, il n'est pas possible de déterminer les espèces minéralogiques auxquels ces matériaux appartiennent.

Leur analyse chimique donne aussi d'autres résultats, sur-tout parce qu'elle n'y montre aucun fer titané.

Ainsi l'analogie prétendue entre les trapps et les basaltes ne supporterait pas un examen rigoureux.

Quant à l'origine des laves, et aux causes de leur fusion, M. Cordier ne se permet aucune conjecture, mais, considérant leur masse comme coagulée par une crisallisation instantanée, il résout aisément le problème particulier long-temps débattu : si les cristaux renfermés dans les laves ont été enlevés tout formés aux entrailles de la terre, et enveloppés par elles, ou s'ils se sont formés après coup dans leurs vides, ou enfin, s'ils ont cristallisé au même instant que le reste de leur masse s'est durci, et l'on comprend aisément que c'est ce dernier parti qu'il adopte.

Il termine ce grand et beau travail par une énumération méthodique des basaltes et des produits des volcans, rangés d'après leurs matériaux d'aggrégation, et sous les bannières des deux substances qui y prédominent, le feld-spath et le pyroxène.

Cette nature si mystérieuse des volcans, ces foyers immenses de chaleur, loin de toutes les conditions qui entretiennent la chaleur à la surface de la terre, seront long-temps encore un des grands objets de la curiosité des physiciens, et exciteront leurs efforts tant qu'il leur restera quelque espoir de succès. Un jeune minéralogiste, anssi zélé qu'instruit, M. Mesnard de la Groye (d'Angers), ayant eu occasion en 1812 et 1813 d'observer de près plusieurs des phénomènes du Vésuve, en a dressé un journal d'une exactitude singulière, qu'il a entremêlé de beaucoup d'idées et de suppositions originales.

Depuis l'énorme diminution que le cône du volcan a éprouvée en 1794, où il s'affaissa de plus de 400 pieds, toutes les éruptions se sont faites par son sommet, ce qui paraît les avoir empêchées d'être aussi abondantes et aussi destructives que celles qui perçaient ses flancs. Le fond du cratère s'est relevé, et il ne serait pas impossible qu'il vînt à se remplir : d'où M. de la Groye tire cette conclusion, qu'il ne faudrait pas toujours refuser à une montagne la qualification de volcanique, parce qu'elle n'aurait pas de cratère.

Les coulées de laves sont d'autant moins abondantes, qu'il y a un plus grand nombre de scories et de lapillis lancés par l'éruption. Tout le cône est couvert de ces petites pierres, qui y sont bientôt altérées par les vapeurs acides, et prennent ces couleurs vives et variées qui les font prendre de loin pour des gazons en fleur, et qui ont du moins donné à croire, même à des naturalistes, que le cratère est rempli de soufre; ce qui est si peu vrai, qu'il est même rare d'y sentir des vapeurs sulfureuses: il s'y élève au contraire de fortes et continuelles exhalaisons d'acide muriatique, et le sel marin y est par-tout en concrétion.

M. Mesnard de la Groye prend de là occasion de diviser les volcans en deux classes; ceux où le soufre joue un rôle essentiel, et ceux où domine l'acide muriatique. C'est parmi ces derniers qu'il range le Vésuve.

Il fait aussi remarquer les fumées continuelles qui s'élèvent des coulées de lave, et qui y annoncent une grande humidité: elles sont en effet purement aqueuses. On ne voit point de flammes, mais les sables et les pierres embrasées, et la réverbération du foyer intérieur sur les vapeurs qui en sortent produisent cette illusion. La lave marche lentement; ses bords refroidis lui forme un canal, et la tiennent élevée au-dessus du terrain toute couverte de scories; il est d'une difficulté extrême de voir sa partie fluide. On sait d'ailleurs que sa chaleur n'a rien qui approche de celle du verre fondu; car lorsqu'elle enveloppe des troncs d'arbres, elle ne les charbonne pas jusqu'au centre. Aussi M. de la Groye croit-il que la lave doit sa fluidité à quelque principe qui se consume par le fait même de la fusion, et que c'est à cela que tient la difficulté de refondre celle qui est refroidie. La pleine masse, la partie non boursoufflée en scories a l'aspect tout pierreux; c'est ce que les Allemands appellent *graustein*. L'auteur compare les périodes de la fusion des laves à ceux par où passent les sels qui fondent après s'être bour-

soufflés; il rapporte des faits curieux sur la prodigieuse durée de leur chaleur, et en conclut qu'elles portent en elles-mêmes le principe de leur échauffement, et qu'elles n'ont pas simplement une chaleur communiquée. A toutes ces remarques, M. de la Groye joint une relation fort détaillée de la grande irruption de 1813, qui produisit une infinité de lapillis et de cendre, mais dont les laves n'arrivèrent pas jusqu'aux terrains cultivés.

Après avoir étudié avec tant de soin les volcans brûlans, M. de la Groye a voulu aussi se rendre compte des motifs que l'on peut avoir pour ranger diverses montagnes parmi les volcans éteints, et il en a visité une que de Saussure et d'autres grands géologistes avaient déja placée dans cette classe, mais où les neptunistes obstinés trouveraient encore bien des prétextes pour appuyer leurs doutes.

C'est la montagne de Beaulieu, à trois lieues environ d'Aix en Provence. Les inégalités du sol qui l'environne représentent des traînées comparables aux courans de lave; son étendue est de 1200 toises de longueur sur 6 à 700 de largeur, son élévation moyenne au-dessus de la mer de 200; ce qui l'entoure est calcaire à une distance indéfinie: vers l'est sont les buttes basaltiques, qui semblent former le noyau de tout le système; mais, dans la partie basaltique même, il y a aussi des coquilles marines et beaucoup de calcaire. Les amygdaloïdes et les basaltes en sont recouverts en plusieurs endroits; en d'autres, leurs fragmens en sont empâtés, et composent avec ce calcaire une sorte de brèche; il a souvent pénétré dans les cellules des amygdaloïdes.

Cependant la roche principale est le grünstein secondaire des Allemands, composé de feld-spath et de pyroxène, quelquefois en si gros grains qu'il ressemble à du granit. Il forme une longue traînée, et l'on passe de cette roche par des intermédiaires comparables à des trapps proprement dits jusqu'au basalte ordinaire contenant du péridot, et dont Saussure a vu quelques

parties divisées en prismes. Il y a aussi de la vacque, qui sert de base à l'amygdaloïde, et qui, lorsque ses cellules sont vides, ressemble tout-à-fait à une lave poreuse, mais où elles sont le plus souvent remplies de calcaire, comme dans le mandelstein des Allemands. On trouve enfin un tuf basaltique rempli de petits galets calcaires et contenant des pyroxènes, des peridots, des micas, et ces autres espèces minérales si communes dans les laves. M. Mesnard voit à Beaulieu jusqu'à un enfoncement qui lui paraît un reste de cratère. Enfin l'auteur, après avoir donné quelques raisonnemens généraux contre les objections des neptunistes, conclut que cette montagne est le produit d'une éruption soumarine, et que la mer où elle s'est faite a continué long-temps après à déposer du calcaire. De Saussure avait déja paru favorable à cette opinion; M. Faujas l'a regardée comme incontestable, et M. Mesnard croit y voir un moyen de concilier toutes les opinions sur les prétendus trapps secondaires, objets de si longs débats.

Parmi ces nombreux débris d'organisations inconnues qui remplissent les couches de la terre, il se trouve des empreintes d'animaux d'une singulière forme, composés d'une sorte de corselet et d'un abdomen formé de plusieurs segmens, dont chacun est divisé en trois lobes. Les naturalistes leur ont donné les noms d'*entomolites* et de *trilobites;* mais ils ne les avaient pas assez distingués entre eux, et ne s'étaient pas occupés de déterminer à quel ordre de couche chaque espèce appartient.

M. Brongniart, correspondant et directeur de la manufacture de Sèvres, que la classe vient d'acquérir au nombre de ses membres pour sa section de minéralogie, à la place de feu M. Desmarets, a présenté un travail sur ce sujet, où, d'après une comparaison exacte des échantillons qu'il s'est procurés, ainsi que les auteurs précédens, il montra qu'il existe au moins sept espèces de ces trilobites; que leurs formes principales sont

assez différentes pour les répartir dans quatre genres, lesquels doivent tous être rangés dans la classe des crustacées, et dans l'ordre de ceux dont les branchies sont à découvert. La plupart de ces tribolites appartiennent aux plus anciens, c'est-à-dire aux plus profonds, des terrains qui recèlent des dépouilles animales; ils doivent donc avoir été du nombre des premiers êtres vivans; et, en effet, à mesure qu'on approche de la surface on trouve des crustacées plus semblables à ceux que la mer nourrit aujourd'hui; mais les trilobites disparaissent entièrement.

M. Gillet-Laumont, membre du Conseil des Mines, et correspondant de l'Institut, a fait voir des agates où de petits cercles blanchâtres, disposés en quinconce, simulaient quelque pétrification de la classe des polypiers, mais ils étaient le produit de l'artifice. M. Laumont, qui avait remarqué précédemment que des coups, ménagés d'une certaine manière, détachant d'un bloc de grès des cônes très-réguliers, a appliqué des coups pareils à des agates, et y a produit de même des fissures coniques dont la coupe a offert des cercles entièrement semblables à ceux qui avaient d'abord fait illusion.

M. Cordier a publié un Mémoire sur les mines de houille de France, et sur les progrès que leur exploitation a faits depuis vingt-cinq ans. Il prouve que dans cet intervalle les produits ont plus que quadruplé. Cet ouvrage, très-important pour l'administration, est accompagné d'une carte qui désigne l'étendue de nos terrains houillers, les fosses principales qui s'y exploitent, et la direction de leurs divers débouchés. Il a été inséré dans le Journal des Mines.

Il est encore tombé cette année des pierres de l'atmosphère aux environs de Langres, avec toutes les circonstances accoutumées. M. Pistollet, médecin de cette ville, en a recueilli; elles ressemblent en tout aux autres pierres de même origine, excepté que leur cassure est peut-être un peu plus blanche.

M. Vauquelin, qui avait été chargé l'année dernière d'examiner les aërolithes d'Agen, a présenté quelques réflexions sur l'état où se trouvent les principaux élémens de ces sortes de pierres. Une partie de la silice lui paraît y être en combinaison avec la magnésie; il y a du soufre uni au fer, car il donne du gaz hydrogène sulfuré en se dissolvant dans les acides; quant au chrome, il paraît être isolé, et se montre quelquefois en molécules assez grosses pour éloigner toute idée de combinaison.

BOTANIQUE.

M. Delabillardière, qui a deja publié un ouvrage si intéressant sur les plantes qu'il a recueillies à la Nouvelle-Hollande, lorsqu'il faisait partie de l'expédition de feu d'Entrecasteaux, a commencé à entretenir l'Académie de celles que lui a fournies dans ce même voyage la Nouvelle-Calédonie. Cette île escarpée, inculte, habitée par de malheureux anthropophages, produit un grand nombre de beaux végétaux. M. Delabillardière y a trouvé en peu de jours vingt-neuf espèces de fougères, dont douze sont entièrement nouvelles pour les botanistes, et n'ont point été trouvées ailleurs, le reste croît aussi dans d'autres îles de la mer du sud, et M. Delabillardière en donne la liste pour servir à la géographie botanique. Il range ces fougères d'après la méthode de M. Smith, en y faisant quelques corrections. Les figures très-exactes dont ses descriptions sont accompagnées, donneront aux botanistes une idée complète de ces importans accroissemens de leur science.

Chacun connaît au moins de vue la lentille d'eau, que les botanistes appellent *lemma:* ce végétal mobile et nageant, qui couvre de ses tapis verds les eaux dormantes dans presque tous les pays; mais ce que l'on n'a point examiné d'assez près, ce sont les fleurs et les fruits de cette petite et singulière plante.

M. le baron de Beauvois a été le premier botaniste assez heureux pour en recueillir des graines mûres, et pour les faire germer. Il a suivi dans tous leurs développemens les lemma ainsi obtenus, et en a complété l'histoire, que Micheli et MM. Ehrhardt et Wolf n'avaient fait qu'ébaucher.

Il résulte des observations de M. de Beauvois, que la fleur des lentilles d'eau est hermaphrodite, à enveloppe d'une seule pièce, à deux étamines qui se développent successivement, à style unique, à ovaire supère devenant une capsule uniloculaire, se déchirant circulairement à sa base, et contenant d'une à quatre semences, lesquelles germent à la manière des monocotylédones, mais avec des circonstances fort particulières, dont la plus remarquable est que les parties que l'on peut regarder comme la radicule et la plumule, se détachent de la première feuille qu'elles ont produite, et la laissent pousser à elle seule des racines et d'autres feuilles.

Une autre sorte d'êtres organisés, qui couvrent et remplissent souvent les eaux dormantes, ce sont les conferves, ou ces amas de filamens verds, semblables quelquefois à une sorte de feutre, et que certains naturalistes ont voulu revendiquer pour le règne animal. Leur propagation est assez diverse, et il s'en trouve dans le nombre dont les filamens d'abord tout d'une venue, se renflent d'espace en espace, et produisent ainsi des nœuds d'où paraissent naître des filamens nouveaux; ce qui a fait donner à ces espèces le nom de *prolifères* par M. Vaucher; mais ce botaniste avertit qu'il ne faut pas confondre avec ces filets, naissant de la plante même, certaines conferves parasites qui viennent s'attacher sur d'autres conferves, et qui présentent le même aspect.

M. Leclerc de Laval, membre de la Chambre des Députés, et observateur très-assidu, a présenté à l'Académie un Mémoire d'après lequel il paraîtrait qu'il n'y a point d'autres filets accessoires que de ces parasites, et que la propagation des conferves, mal-à-propos nommées prolifères, se fait comme celle des con-

ferves dites conjuguées, par la concentration de la matière verte contenue dans chaque intervalle de deux cloisons, en un globule isolé qui sort de la plante à une certaine époque, et va se fixer au premier corps qu'il rencontre en tombant, et, après avoir jeté autour de lui quelques filets comme pour s'attacher, se développe en une longue série de cloisons.

L'auteur voudrait donner à ce genre le nom d'Autarcite, au lieu de celui de prolifère, qui, d'après son observation, deviendrait impropre; mais, comme M. Desvaux, d'après d'autres considérations, l'avait appelé Cyrtinus dans un Mémoire présenté il y a plus d'un an, l'on a jugé qu'il n'était pas nécessaire d'introduire encore un nouveau changement de dénomination.

M. Henri de Cassini avait présenté à l'Académie, en 1812, un Mémoire sur le style et le stigmate des synanthérées, ou de ce qu'on appelle communément plantes à fleurs composées, et un autre sur leurs étamines. Vers la fin de 1814, il en a présenté un troisième, dont nous n'avons pas pu rendre compte dans notre dernière analyse, parce que le rapport n'en avait pas été fait, et qui a pour objet la corolle de cette même famille de plantes.

Dans ce dernier Mémoire, l'auteur établit que toute corolle de synanthérée qui n'est point accompagnée des étamines est monstrueuse ou défigurée, au point de ne pouvoir offrir aucun caractère pour la définition de la famille ni de ses tribus. Il en résulte que les demi-fleurons des semi-flosculeuses et ceux des radiées n'ont qu'une analogie apparente, et qui ne supporte pas un sévère examen.

Il assigne à la corolle des synanthérées trois caractères principaux, dont l'un est extrêmement remarquable: c'est que chacun des cinq pétales dont il suppose la corolle composée est muni de deux nervures très-simples qui le bordent d'un bout à l'autre des deux côtés, et confluent par conséquent au sommet; et il attache

à ce caractère une telle importance, qu'il propose de désigner la famille par le nom de *névramphipétales*. M. Robert Brown a décrit cette structure dans un livre anglais publié à Londres en 1814: mais M. Cassini l'avait indiquée avant lui en termes non équivoques dans le second des Mémoires que nous venons de rappeler.

Combinant ses observations sur la corolle avec celles qu'il a faites précédemment sur le style et le stigmate et sur les étamines, l'auteur divise la famille des synanthérées en dix-sept tribus naturelles, qui sont les *lactucées*, les *labiatiflores* (qu'il n'admet qu'avec doute), les *carduacées*, les *carlinées*, les *xéranthémées*, les *échinopsidées*, les *arctotidées*, les *calendulacées*, les *hélianthées;* les *ambrosiacées*, les *anthémidées*, les *inulées*, les *astérées*, les *sénécionées*, les *tussilaginées*, les *eupatoriées*, les *vernoniées;* et il dispose ces dix-sept tribus, non en ligne droite, mais en série circulaire qui rapproche les vernoniées des lactucées.

Un résultat inattendu et très-curieux de cet intéressant Mémoire, c'est que, sur l'inspection d'un seul fleuron, on peut, presque dans tous les cas, déterminer à quelle tribu, à quel genre appartient l'espèce qui l'a produit.

Il est à souhaiter que M. Henri de Cassini ne tarde pas à publier ses recherches sur l'ovaire des synanthérées: ce sera le complément du travail le plus profond et le plus original auquel cette grande famille ait jamais donné lieu.

M. le baron de la Peyrouse, professeur de botanique et correspondant de l'Institut à Toulouse, a donné un Mémoire sur quatre plantes des Pyrénées qui appartiennent au genre *orobus*, l'un de ceux de la famille des papilionacées. La première de ces espèces avait été recueillie par Tournefort, et nommée par lui *Orobus pyrenaïcus latifolius nervosus*: elle n'a pu être retrouvée vivante, et on ne la connaît que par les herbiers de Tournefort et des botanistes de son temps. La seconde, gravée sous le même

nom dans Plukenet, mais très-différente, a toujours été confondue avec celle de Tournefort: elle est réellement assez commune dans les Pyrénées. Après avoir nettement distingué ces deux espèces par des descriptions comparatives, M. de la Peyrouse en décrit deux autres toutes nouvelles qu'il a trouvées dans les mêmes montagnes.

M. Desvaux, botaniste de Paris, a cherché à subdiviser les genres de plantes connus sous les noms de *Cerastium* et d'*Arenaria*, qui commencent à devenir nombreux en espèces. C'est principalement dans le plus ou moins de profondeur des divisions de la capsule, dans le plus ou moins de dilatation des bases des filets, et dans quelques autres circonstances analogues, qu'il croit avoir trouvé des caractères suffisans pour fonder les distributions qu'il propose.

Un travail plus général du même botaniste a eu pour objet la grande classe des plantes *à fleurs en croix*, ou *crucifères*, si remarquable par l'uniformité de sa structure et par les services que nous rendent un grand nombre de ses espèces. Dans la seule division des crucifères à silique courte, ou *siliculeuses*, il a déja établi jusqu'à douze genres nouveaux.

M. Kuhnt, botaniste prussien, a encore entrepris une nouvelle classification des gramens, après les travaux récens de MM. de Beauvois et Robert Brown, sur cette matière. Il en fait dix tribus, fondées chacune sur beaucoup de caractères, tels que le nombre des styles, celui des étamines, la disposition des épillets, le nombre des fleurs de chacun d'eux, la consistance et la structure des glumes et des paillettes.

On sent aisément que ces sortes de travaux veulent être étudiés dans les ouvrages mêmes, et que l'analyse la plus étendue n'en donnerait qu'une idée imparfaite : nous nous contenterons donc de les avoir indiqués.

Depuis assez long-temps les cultivateurs prétendent avoir re-

marqué que le voisinage de l'épine-vinette nuit au blé, et lui donne, ou favorise du moins, cette espèce de maladie qu'on appelle la *rouille;* et depuis le même temps, les savans se moquent de la prétention des cultivateurs.

M. Yvard, notre confrère, qui est à-la-fois cultivateur et savant, a mieux aimé s'assurer du fait par l'expérience, que de prendre aveuglément l'un ou l'autre parti; et ses essais, sans être encore décisifs, lui ont paru plus conformes à l'opinion que l'on était le plus porté à regarder comme un préjugé. Le blé planté autour d'un buisson d'épine-vinette a été rouillé, tandis que celui du reste du même enclos est demeuré intact; et il ne paraît pas à M. Yvard qu'il y ait eu d'autre cause de cet accident que l'arbuste qu'on en accuse.

Malheureusement on peut objecter qu'il existe des cantons entiers sans épine-vinette, et qui ne sont pas pour cela exempts de la rouille.

Une autre fâcheuse maladie des céréales, c'est l'*ergot,* ou cette production allongée et pointue qui remplace souvent les grains du seigle et d'autres graminées. M. Decandolle, professeur à Montpellier, et correspondant, a présenté à l'Académie un Mémoire où il cherche à prouver que l'ergot est un champignon parasite du genre des sclerotiums, qui prend à-peu-près la forme du grain, parce que dans sa jeunesse il s'est moulé dans l'enveloppe de ce grain; sa substance est analogue à celle des autres sclerotiums; son développement, comme celui de tous les champignons, est favorisé par l'humidité; sa nature chimique est plus semblable à celle des champignons qu'à celle des graines de graminées; enfin son odeur, sa saveur, et ses propriétés vénéneuses, sont d'accord avec sa nature fongueuse. On sait que le pain fait avec du seigle ergoté occasionne des maladies graves, et on lui attribue entre autres la gangrène sèche si commune en Sologne. M. Decandolle, sentant l'importance de détruire une

production si dangereuse, ou de diminuer du moins sa propagation, croit que l'on y parviendrait, si, dans les pays sujets à l'ergot, on obligeait les propriétaires à en fournir chaque année une mesure convenue que l'on brûlerait sur-le-champ.

Ce savant botaniste, qui a déja tiré un si grand parti de l'étude des aberrations des formes ordinaires pour éclairer la théorie de la botanique, s'est occupé, sous ce point de vue, de ces brillantes monstruosités que nous appelons des fleurs doubles. On attribue d'ordinaire leur production à la transformation des étamines en pétales; mais M. Decandolle montre que la transformation ou la multiplication de plusieurs autres parties de la fleur peuvent également y contribuer. Les pistils se changent, par exemple, en pétales dans certaines variétés d'anémones; les étamines elles-mêmes peuvent se transformer, ou par leur filet, ou par leur anthère seulement, et c'est ainsi que l'ancolie donne aux fleuristes deux sortes de fleurs doubles toutes différentes; et comme ces deux manières de doubler n'ont lieu que dans les fleurs qui ont elles-mêmes dans l'état naturel deux sortes de pétales, l'auteur en tire une nouvelle preuve de son assertion, que les pétales des plantes ne sont pas des organes spéciaux, mais seulement un certain état des étamines. Il fait remarquer une autre sorte de fleurs doubles qui vient de ce que les organes se transforment, non pas en pétales planes, mais en faisceaux de pétales, ce qui arrive plus souvent dans les familles où les corolles présentent déja, dans l'état naturel, des indices de duplicature, comme dans les œillets. Il porte ensuite l'attention sur les fleurs où l'avortement des organes sexuels n'occasionne pas de transformation, mais augmente outre mesure le volume de certaines parties colorées, comme il arrive dans l'hortensia et la boule de neige; enfin, appliquant à ces diverses métamorphoses une méthode de désignation analogue à celle dont se sert M. Haüy pour les variétés des cristaux, il parvient à les

ramener, malgré leur irrégularité apparente, à des lois certaines et à une nomenclature précise.

M. de Beauvois, desirant prévenir les accidens funestes que cause si souvent l'ignorance du peuple sur les qualités des divers champignons, a composé un *Manuel à l'usage des amateurs de champignons*, où il décrit, dans un langage à la portée de tout le monde, les espèces de ces végétaux dont on peut se nourrir sans danger, et où il indique les précautions à prendre, même avec ces espèces innocentes, pour ne pas s'exposer à en souffrir. La plus sûre de toutes sera cependant toujours de ne manger que des champignons de couche, et de n'en point trop manger.

M. de Mirbel a publié des élémens de physiologie végétale et de botanique en deux volumes, avec un volume de planches. Tout ce qui peut se dire d'important sur l'anatomie des végétaux, sur la marche de leurs fonctions, sur leurs produits, et sur la variété de structure de leurs diverses parties, y est exposé avec clarté et rendu par un très-grand nombre de belles figures dessinées par l'auteur lui-même avec le talent qu'on lui connaît. L'immense terminologie de la botanique y est expliquée, et les explications appuyées sur des exemples; on y trouve aussi une histoire intéressante de la science et des hommes qui lui ont fait faire le plus de progrès. Enfin l'ouvrage est terminé par des tableaux des principaux systèmes, et sur-tout par une nouvelle exposition des caractères des familles naturelles des plantes.

ZOOLOGIE, ANATOMIE, ET PHYSIOLOGIE.

Les sciences ne sont point étrangères à la véritable érudition; et s'il est arrivé plus d'une fois qu'une lecture attentive des Anciens a excité les savans à des observations qui leur ont révélé des vérités importantes, plus d'une fois aussi il est arrivé que

des observations heureuses des savans ont porté sur les passages obscurs des Anciens une lumière inattendue. Quelques notes de M. Cuvier sur les livres de Pline, relatifs aux animaux, en ont offert des exemples. Ainsi M. Cuvier pense que le lynx des Anciens, qui est indiqué comme venant des pays chauds, n'était pas notre lynx actuel ou loup-cervier, mais le caracal; et il montre en effet que le caracal porte tous les caractères attribués par les Anciens à leur lynx. La *léon-cocrutte* et le *catoblepas*, deux animaux auxquels les Anciens attribuent une conformation monstrueuse et des qualités funestes, ne lui paraissent que des résultats de mauvaises descriptions faites par les voyageurs ignorans sur cet animal de l'intérieur de l'Afrique, auquel on donne le nom de *gnou* (*antilope gnu*, Lin.), dont les formes bizarres, le regard farouche, les poils qui hérissent son museau et sa crinière, ont dû faire souvent un objet d'horreur.

Parmi les cinq animaux unicornes dont les Anciens ont parlé, M. Cuvier croit que les quatre premiers, l'âne des Indes, le cheval unicorne, le bœuf unicorne, et le monocéros proprement dit, ne sont que le rhinocéros diversement défiguré par les relations des voyageurs ou des marchands.

Il prouve que tout ce que les Anciens ont dit de l'*aspic* d'Égypte, de l'aspic par excellence, appartient complètement à cette espèce de vipère à col élargi, que l'on nomme *coluber haje*, et dont l'histoire a été si bien exposée par M. Geoffroy, dans le grand ouvrage sur l'Égypte.

Il concilie les contradictions des Anciens dans leurs descriptions du dauphin, en prouvant qu'ils ont donné ce nom à deux animaux très-différens; l'un, qui est notre dauphin d'à-présent (*delphinus delphis*, Lin.); l'autre, qui appartenait au genre des squales ou chiens de mer.

La plupart des fables relatives à l'hyène et à l'ichneumon se trouvent expliquées par la singularité de leur conformation; il

n'est pas jusqu'à la prétendue continuité des vertèbres du cou dans l'hyène qui ne soit vraie quelquefois; l'extrême rigidité des muscles de cette partie occasionne assez fréquemment des ankyloses entre les vertèbres cervicales, et M. Cuvier en a observé des exemples.

Tout le monde connaît ce petit quadrupède appelé *musaraigne* ou *musette*, qui ressemblerait assez, à l'extérieur, à une petite souris, si son museau n'était beaucoup plus pointu et ses oreilles beaucoup plus petites; mais, quoiqu'il ait été examiné et disséqué par plusieurs naturalistes, on n'avait pas encore remarqué toutes les particularités de son organisation. M. Geoffroy-Saint-Hilaire vient de découvrir qu'il a sur chaque flanc, sous la peau, une glande particulière qui répand au dehors une humeur gluante par une série de pores, entourée de poils plus gros et plus roides que les autres, et qui se laissent aisément apercevoir par le tact.

M. Cuvier, qui a repris ses recherches sur l'anatomie des mollusques, a lu cette année à l'Académie un Mémoire sur celle des anatifes et des balanes, et un autre sur plusieurs genres de coquillages voisins des patelles, des oscabrions et des haliotides.

Les anatifes et les balanes lui ont offert des organes de la génération et un système nerveux fort différens de ce qu'on observe dans les mollusques ordinaires. Le système nerveux, aussi-bien que les mâchoires, rapprocheraient à quelques égards ces animaux des insectes.

Les haliotides, les patelles et les oscabrions, ont d'autres singularités. Leurs sexes ne sont pas séparés, comme dans les buccins et autres turbinées aquatiques; ils ne sont pas non plus réunis de manière à avoir besoin d'une fécondation réciproque, comme les limaces et les aplysies : mais leur hermaphroditisme est complet, et tel qu'ils se suffisent à eux-mêmes, comme les huîtres et tous les bivalves.

Les fissurelles et les émarginules, que M. Delamark à séparées des patelles, se rapprochent en effet davantage des haliotides par les branchies, et sur-tout par le cœur, qui, dans ces trois genres, est traversé par le rectum, comme celui des moules et de beaucoup d'autres bivalves.

M. Cuvier a donné aussi un Mémoire sur les *ascidies*, sorte de mollusques enveloppés, non pas d'une coquille, mais d'une croûte cartilagineuse fixée aux rochers et pourvue de deux ouvertures, dont l'une reçoit et rejette l'eau nécessaire à la respiration, et l'autre donne issue aux œufs et aux excrémens. Une grande cavité, tapissée d'un fin réseau vasculaire qui tient lieu de branchies, reçoit cette eau, et avec elle les corpuscules dont l'animal se nourrit. Dans son fond est la bouche, qui conduit à une sorte de gézier. Du reste, ces animaux ont un cœur, un foie, un système nerveux assez semblables à ceux des autres mollusques; mais la disposition relative de ces parties, aussi-bien que la forme et la surface de l'enveloppe extérieure, varient beaucoup, selon les espèces.

Cette anatomie des ascidies était venue d'autant plus à-propos, qu'elle a servi à éclaircir des observations d'une nature beaucoup plus nouvelle et plus importante, qui ont été faites presque en même temps, sur des animaux voisins, par M. Savigny, membre de l'Institut d'Égypte.

On ne connaissait jusqu'à présent d'animaux composés que dans l'ordre des polypes; tous les coraux, les madrépores, les plumes de mer, un grand nombre d'alcyons, ne paraissent que des aggrégations de plusieurs polypes unis d'une manière intime, dont la nutrition se fait en commun, de sorte que ce que l'un mange profite à tous, et qui paraissent même animés d'une volonté commune. Cette dernière circonstance est du moins très-certaine dans les plumes de mer, qui se transportent d'un lieu à un autre par la rémigation combinée et régulière des milliers

de petits polypes qui sortent de toutes leurs barbes. La structure de ces polypes est assez simple pour que l'imagination se prête à concevoir cette espèce d'association, que l'on peut en quelque sorte comparer à celles des divers rameaux d'un même arbre.

Mais M. Savigny a découvert des animaux composés d'un autre genre, et dont l'organisation individuelle est beaucoup plus compliquée. Ils ressemblent singulièrement à ces mollusques appelés ascidies, qui eux-mêmes présentent quelque analogie avec les animaux des coquilles bivalves. On leur trouve également un sac branchial, que les alimens sont obligés de traverser pour arriver à la bouche; un estomac musculeux; un intestin dont le rectum remonte vers le côté de la bouche, et y forme un second orifice; un ganglion nerveux placé entre l'orifice branchial et celui de l'anus; un ovaire, et un oviductus. En un mot, ce sont pour ainsi dire de vraies ascidies réunies en masses par une chair commune et participant en conséquence à une même vie. Ces sortes d'aggrégations animales avaient été confondues jusqu'ici avec les alcyons; elles sont nombreuses, et M. Savigny, qui les a décrites et fait représenter avec un détail digne de leur singularité, y a observé assez de formes différentes pour en faire jusqu'à huit genres.

Parmi ces animaux composés, les uns forment des masses fixées et plus ou moins irrégulières, comme un grand nombre d'alcyons; d'autres sont rangés en étoiles autour d'un centre commun, et ce sont eux que les naturalistes, prenant chaque étoile pour un être simple, avaient nommés *botrylles;* d'autres enfin sont combinés en quantités innombrables, pour former, par leur assemblage, un long cylindre creux, ouvert par un bout, qui se meut en totalité comme les plumes de mer, et que Péron, le premier qui l'ait découvert, le croyant aussi un être simple, avait appelé *pyrosome.*

MM. Desmarets et Lesueur avaient fait, de leur côté, sur ces deux derniers genres, des observations tout-à-fait analogues à celles de M. Savigny, et qui les ont pleinement comfirmées.

Il existe parmi ces grands zoophytes, auxquels les anciens donnaient en commun le nom d'*orties de mer libres*, un genre que le naturaliste danois, Othon-Frédéric Müller, a fait connaître, et appelé *lucernaire*, parce qu'il lui a trouvé je ne sais quel rapport de figure avec une lanterne. Sa forme générale est un cône évasé; au centre de la base est la bouche, et des bords de cette base partent des bras d'ordinaire au nombre de huit, chargés de petits tentacules, tantôt espacés également, tantôt rapprochés deux à deux.

M. Lamouroux, professeur d'histoire naturelle à Caen, y a observé avec beaucoup de soin une espèce de ces animaux à huit bras également distans, de couleur rose-pâle, pointillée de rouge, relevée de huit bandes rouges, pénétrant dans les bases des bras, et qui sont les cœcums ou les intestins. Ces huit organes aboutissent à un estomac central. Chacun d'eux est logé dans une cavité particulière où le retient une sorte de mésentère. Le genre de vie des lucernaires paraît ressembler assez à celui des actinies ou anémones de mer.

Le même naturaliste a présenté à la Classe une nouvelle rédaction de son travail général, dont nous avons déja parlé, sur ces sortes de zoophytes composés, dont les troncs ne sont pas pierreux, ou comme il les appelle sur les *polypes coralligènes flexibles*, tels que les *sertulaires* et es *flustres;* l'étude approfondie qu'il a faite des polypiers en général, lui a donné lieu d'y remarquer des caractères distinctifs assez notables pour y établir près de cinquante genres qu'il a répartis en dix familles, et auxquels il a subordonné cinq cent soixante espèces, dont près de la moitié sont nouvelles.

On ne peut que réitérer le vœu que ce grand travail soit promptement livré à la partie du public qu'il intéresse.

M. Leclerc, de Laval, le même qui a travaillé sur les conferves, a présenté à la Classe, des observations intéressantes sur quelques animaux microscopiques. L'un d'eux, que M. Leclerc a découvert, et nommé *diflugie*, à peine du diamètre d'un dixième de ligne, est enveloppé d'un étui membraneux qui s'enduit d'un sable très-fin, et d'où il fait sortir des sortes de bras qui ne sont que des extensions de sa substance, et dont le nombre, la forme et les proportions varient presque à sa volonté. Cet animal doit avoir de l'analogie avec celui que Rœsel avait nommé *proteus*, et qui prend aussi dans le cours de peu d'instans mille formes diverses.

L'autre animal, observé par M. Leclerc, est un insecte hyménoptère, découvert par M. Jurine, correspondant de la Classe, et nommé par lui *psile debosc*, mais qui appartient au genre diapria de M. Latreille. Il porte sur la base de son abdomen une corne relevée, et se prolongeant en avant jusques sur la tête, où elle se termine par un renflement. M. Leclerc a reconnu que cette corne est la gaîne de la tarière, instrument dont bien d'autres hyménoptères sont pourvus, mais qui d'ordinaire est autrement placé. La base seule de la tarière de la diaprie est contenue dans sa corne, mais la pointe sort comme de coutume par l'anus.

M. Latreille nous a donné une description très-détaillée de certains crabes de la Méditerranée, bien remarquables par leurs yeux, portés, non pas comme ceux des crabes ordinaires, sur une seule articulation mobile, mais sur un long tube à deux articulations, en sorte que l'animal les meut comme les branches d'un télégraphe. Leurs pieds de derrière sont d'ailleurs placés sur le dos, comme ceux des dorippes. Quelques-uns de ces crabes avaient déja été remarqués par Rondelet et par Aldrovande; mais ces anciens naturalistes n'avaient pas fait mention de la structure singulière de leurs yeux. M. Latreille en fait un genre sous le nom d'hippo-carcinus. A-peu-près dans le même temps, M. Leach, savant naturaliste anglais, qui travaille à un grand

ouvrage sur les crustacées, décrivait aussi ces espèces sous le nom générique d'homolus.

M. Savigny a établi l'année dernière, par des observations détaillées, une analogie de structure infiniment plus grande qu'on ne la supposait, entre les bouches des insectes ailés, soit suceurs, soit masticateurs, et il avait fait voir que les gaînes des suçoirs, des trompes, ou autres instrumens de déglutition des premiers, et quelquefois ces instrumens eux-mêmes, pouvaient être regardés comme des prolongemens de quelques-uns des palpes ou des mâchoires des autres. Il a présenté cette année un grand travail, d'où il résulte des analogies d'un autre ordre, entre les bouches des masticateurs ordinaires, et celles de certains genres qui paraissaient anomaux, et dont les uns ont été rangés parmi les crustacées, d'autres parmi les insectes sans ailes.

Les naturalistes avaient remarqué depuis long-temps qu'une partie des mâchoires de ces genres à bouche extraordinaire ressemblaient à des pieds, et M. Savigny cherche à prouver que ce sont effectivement de véritables pieds, qui, prenant plus ou moins la forme et les fonctions de mâchoires, viennent se joindre aux mâchoires proprement dites, ou même les expulser et les remplacer tout-à-fait.

Ainsi, dans les scolopendres, il existe deux sortes de lèvres surnuméraires dont l'extérieure a des palpes robustes et crochus qui servent à l'animal pour saisir ses alimens. M. Savigny, remarquant qu'elles ne tiennent point à la tête, mais au premier anneau du corps, les regarde comme les deux premières paires de pieds métamorphosés.

Dans les écrevisses et les crabes, où la tête et le corselet sont confondus, les mâchoires surnuméraires sont manifestement les premiers pieds; souvent même, comme dans les squilles, leur forme n'est pas trop dissimulée; mais dans ces animaux, et dans plusieurs autres dont l'auteur a décrit la bouche avec

une attention infinie, il subsiste toujours des mâchoires ordinaires; au contraire dans les araignées, les scorpions, et autres genres sans antennes, il ne reste presque plus de trace de tête, et les vraies mâchoires ont disparu. Il ne subsiste que des mâchoires surnuméraires, c'est-à-dire des pieds transformés en mâchoires.

Telle est l'idée sommaire que nous pouvons donner d'un travail très-original, mais dont les preuves ont pour base des observations si détaillées et si nombreuses, que nous ne pouvons les faire entrer dans notre analyse.

M. Delabillardière, qui continue d'observer ses ruches, a fait encore quelques remarques nouvelles sur cette matière si admirable, et qui semble devoir être inépuisable pour les naturalistes.

On sait qu'après la sortie des derniers essaims, les abeilles ouvrières, semblables, pour l'ingratitude, à bien des êtres plus élevés, s'empressent de se débarrasser des mâles, qui ne sont plus nécessaires à la propagation, et dont l'entretien consommerait beaucoup de provisions. Elles en font un carnage épouvantable; mais, à en juger par les expressions de quelques auteurs, on pourrait croire que cette expédition n'est l'affaire que de quelques jours, et qu'elle ne manque jamais d'arriver. Cependant il faut quelquefois plusieurs semaines aux abeilles pour la terminer; quand les ruches sont faibles, c'est-à-dire quand elles ont peu d'ouvrières, l'opération dure encore bien plus long-temps; et même les mâles sont entièrement épargnés dans les ruches où il n'y a plus de reine, ou dont la reine, comme il arrive de temps en temps, ne produit que des mâles. M. Delabillardière rapporte en détail un exemple de cette règle déja reconnue par M. Huber; les cultivateurs peuvent donc reconnaître, au grand nombre de ces mâles qui restent dans une ruche après l'époque où ils auraient dû en être chassés, qu'il n'y a point à attendre de nou-

veaux essaims, et que la ruche peut être exploitée sans inconvénient.

Chacun connaît ce petit bruit assez semblable à celui du balancier d'une pendule, qui a long-temps inspiré de la terreur aux gens superstitieux, et auquel on a donné le nom lugubre d'horloge de la mort. Les naturalistes ont jugé de bonne-heure qu'il devait provenir de quelque insecte; et les uns l'ont attribué à une araignée, d'autres à ce petit animal qu'on appelle pou de bois, d'autres encore à ce petit coléoptère nommé vrillette, parce qu'il perce le vieux bois comme avec une vrille; et parmi ceux qui ont adopté cette dernière opinion, les uns ont pensé que c'était l'insecte parfait, d'autres que c'était son ver ou sa larve, et tous ont cru qu'il opérait ce bruit en creusant le bois, soit pour s'en nourrir, soit pour en sortir. M. de Latreille avait observé que le bruit est dû à une vrillette, qui l'exécute, non pas en creusant le bois, mais en le frappant. M. Delabillardière a constaté le même fait par des observations suivies; et comme c'est sur une femelle qu'il les a faites, il pense que l'objet de ce bruit est d'appeler le mâle, comme le font beaucoup d'autres insectes femelles dans la saison de la propagation.

Les observations sur les enveloppes du fœtus, faites par M. du Trochet, médecin à Chateau-Renaud, et dont nous avons déja parlé plusieurs fois, ont été répétées par les Commissaires de la Classe, qui, une fois engagés dans ce travail, ont fait eux-mêmes quelques observations propres à confirmer, comme celles de M. du Trochet, la grande analogie que l'on a déja ramarquée, même à l'égard de l'œuf ou de ce qui en tient lieu, entre les animaux vivipares et les ovipares.

Les animaux ovipares qui après leur naissance respirent par des poumons, ont tous des œufs à-peu-près de même structure. Sous une double membrane qui revet intérieurement la coque, sont enfermés le blanc et le jaune de l'œuf. Celui-ci est suspendu

par ses deux pôles, au moyen de cordons nommés chalazes, qui sont des productions de sa tunique propre, la plus extérieure, sous laquelle en est aussi une seconde. C'est sous celle-ci que se montrent les premiers linéamens du poulet, et ce joli cercle vasculaire, par lequel il tient au jaune, et dont les vaisseaux viennent des artères et des veines de son mésentère. Les vaisseaux ombilicaux ne se rendent point au jaune du tout, mais ils se distribuent à une membrane qui communique avec le cloaque, et qui répond à l'allantoïde des quadrupèdes. Invisible d'abord, ne se montrant que le quatrième jour, et comme une vésicule qui sortirait de l'abdomen, cet organe singulier croît avec une rapidité étonnante; il perce les épidermes du jaune, repousse le blanc jusque vers le petit bout de l'œuf, et enveloppe bientôt le fœtus et le jaune tout entier d'une double membrane; la tunique extérieure, produite ainsi par ce prodigieux développement de l'allantoïde, est ce que les anciens observateurs ont appelé le chorion, mais elle ne répond pas au vrai chorion des quadrupèdes qui est représenté par la membrane propre de la coque, comme la coque elle-même représente ce que l'on a appelé la membrane caduque dans les quadrupèdes. Il est extrêmement probable que ce réseau de l'allantoïde sert à la respiration et supplée au poumon, qui ne peut exercer ses fonctions tant que l'animal n'est pas dans l'air élastique. Ce qui doit sur-tout le faire croire, c'est que les ovipares qui respirent pendant leur vie, ou seulement dans les premiers temps qui suivent leur naissance par le moyen des branchies, n'ont jamais dans l'œuf ni membrane allantoïde, ni vaisseaux ombilicaux, probablement parce que la liqueur dans laquelle ils vivent fournit assez d'oxigène à leurs branchies, et en reçoit elle-même suffisamment de l'élément ambiant.

Dans les faux vivipares à poumons, tels que la vipère, la coque de l'œuf et la membrane propre, beaucoup plus minces, sont promptement déchirées et rejetées; la lame extérieure et

vasculaire de l'allantoïde se trouve ainsi servir de tunique extérieure; elle est immédiatement embrassée par les parois de l'oviductus; et comme elle contracte quelquefois de l'adhérence avec ces parois, M. du Trochet a cru qu'il pouvait s'établir entre elle une liaison aussi intime que celle qui existe entre le placenta et l'utérus dans les mammifères; en sorte que les vipères auraient été encore plus complètement vivipares qu'on ne le croyait; mais c'est ce que les observations des Commissaires n'ont point confirmé. Il n'en a pas été de même de ce que notre habile observateur a fait connaître sur la métamorphose des têtards. Leur peau et leur queue ne s'enlèvent point comme on le croyait pour laisser paraître la grenouille; mais la peau, après avoir été percée par les pattes, forme, en se desséchant, une sorte d'épiderme, et la queue est entièrement resorbée.

M. du Trochet avait été précédé à certains égards dans ses observations relatives aux œufs, par des anatomistes allemands, et sur-tout par M. Blumenbach et par MM. Hochstetter et Emmert; mais il n'a pas laissé que d'ajouter beaucoup à ce que l'on savait, et il a trouvé moyen de rendre les nombreux degrés de développement d'une manière fort claire, par des coupes idéales dans lesquelles il fait suivre à l'œil tous les changemens de proportion des diverses parties.

M. Cuvier, l'un des Commissaires chargés de vérifier les observations de M. du Trochet, les a continuées en quelque sorte, sur les fœtus des vrais vivipares, c'est-à-dire des mammifères, en s'aidant du secours de M. Diard, jeune médecin, qui avait aussi travaillé avec M. du Trochet.

Pour bien saisir l'analogie des enveloppes de ces fœtus avec celles de l'œuf, il faut les observer dans les carnassiers, et surtout dans le chat. La membrane que l'on a appelée assez mal-à-propos ombilicale, et qui reçoit seulement des vaisseaux dérivans de ceux du mésentère, y représente le jaune de l'œuf, et

si bien, que dans le chat c'est aussi une liqueur qu'elle contient à une certaine époque de la gestation. Fixée par ses deux chalazes aux deux extrémités du chorion, comme le jaune l'est à la membrane de la coque, elle est aussi enveloppée, ainsi que le fœtus et son amnios, par la double membrane de l'allantoïde; et entre celle-ci et le chorion est une tunique extrêmement vasculaire, toute fournie par les vaisseaux ombilicaux, et que la plupart des auteurs ont confondue avec le chorion, qui au contraire n'a point de vaisseaux.

La principale différence des mammifères et des ovipares serait donc, outre l'existence du placenta dans les premiers, que l'allantoïde y doublerait le chorion, et y envelopperait le fœtus et le jaune dès les premiers momens, en sorte qu'il ne serait pas possible d'en voir l'origine, ni d'en suivre le développement.

Dans certains ordres de mammifères, et notamment dans les rongeurs, il y a une différence plus singulière encore, c'est que l'allantoïde y reste plus petite, et que c'est la membrane ombilicale qui l'enveloppe ainsi que le fœtus, et qui double le chorion.

M. Cuvier a retrouvé, comme M. Oken et MM. Hochstetter et Emmert, la membrane ombilicale dans tous les mammifères, même dans l'homme; mais il n'a jamais pu apercevoir le pédicule par lequel le premier de ses observateurs prétend qu'elle communique avec l'intestin, et qui aurait achevé d'établir son analogie avec le jaune des oiseaux. Il pense aussi que l'allantoïde existe toujours, et que si on l'a niée dans l'homme, c'est qu'elle y adhère trop intimement à la face interne du chorion. Cette adhérence n'est pas moins intime dans le cheval; mais comme l'ouraque y est creux, il a été aisé de s'apercevoir de l'existence de l'allantoïde; elle a été méconnue dans l'homme, parce que d'ordinaire l'ouraque y est oblitéré.

Il résulte de ces observations que la seule différence esseu-

tielle entre les œufs des divers animaux à poumons, c'est que dans les ovipares, la membrane ombilicale contient une quantité de substance nutritive suffisante pour alimenter le fœtus, par le moyen de ses vaisseaux omphalo-mésentériques, jusqu'à ce qu'il éclose, et même après sa naissance, et que les vaisseaux ombilicaux qui tapissent l'intérieur de l'allantoïde n'ont d'autre office à remplir que celui de la respiration; mais que dans les vivipares, cette membrane ombilicale ne pouvant subvenir seule à la nutrition, les vaisseaux ombilicaux, après avoir enveloppé l'allantoïde, percent le chorion pour s'enraciner en quelque sorte dans l'utérus, et y chercher à-la-fois, dans le sang de la mère, la nourriture du fœtus et l'oxigénération de cette nourriture.

Quant aux animaux à branchies, soit les poissons, soit les larves de batraciens, l'organisation de leur œuf est beaucoup plus simple. Sans allantoïde et sans vaisseaux ombilicaux, leur vitellus communique avec leur intestin par un conduit si large, qu'il peut en être regardé comme un appendice, comme une sorte d'estomac provisoire, déja rempli d'avance de matière nutritive. C'est ce que prouvent également les observations de MM. du Trochet et Cuvier, et les observations plus anciennes de Stenon, de Haller, et de plusieurs autres anatomistes.

Dans ses belles expériences sur le vomissement, M. Magendie avait remarqué que cette opération était précédée d'efforts dans lesquels l'estomac se gonflait après un mouvement de déglutition; il jugea que c'était là le mouvement qu'on appelle nausée, et présuma que la cause en était la déglutition de l'air; on savait en effet, par les expériences de M. Gosse, qu'une déglutition d'air provoque à vomir; un jeune conscrit avait même, dans la vue de se faire croire malade, porté l'art d'avaler de l'air au point de gonfler non-seulement son estomac, mais encore ses intestins, et cet état produisait en lui de violentes angoisses.

M. Magendie a constaté, par des expériences directes, cette nature des nausées. Le vomissement provoqué sur des chiens, soit par des pressions immédiates sur l'estomac, soit par des injections d'émétique dans les veines, a toujours amené des mouvemens propres à faire pénétrer l'air dans l'œsophage, et à le contraindre à descendre de là dans l'estomac; et ces mouvemens ont été entièrement semblables à ceux des nausées.

Nous rapporterions volontiers aussi à la physiologie un mémoire de M. de Montègre, sur l'art du ventriloque. A l'aide des leçons de M. Comte, qui s'est rendu si célèbre par l'exercice de cet art singulier, M. de Montègre explique non-seulement les procédés par lesquels on peut modifier diversement le son de sa voix, mais encore tous les artifices par lesquels on peut faire prendre le change aux auditeurs sur la direction des sons, et sur la distance d'où ils partent. Malheureusement ces détails sont de nature à être saisis par des exemples, et imités par l'exercice, plutôt qu'à être exposés en parole, du moins en paroles aussi abrégées que celles dont nous pourrions nous servir dans notre présente analyse.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Il y a plus d'un demi-siècle que le chirurgien Garengeot prétendit avoir vu reprendre un nez qui, dans une querelle, avait été arraché avec les dents, jeté dans la boue et refroidi. On ne témoigna d'abord pas même de la surprise; mais bientôt le miracle fut révoqué en doute : on se moqua presque généralement du narrateur, et personne ne tenta d'imiter la prétendue opération. Cependant on vient d'attester juridiquement un fait non moins extraordinaire arrivé en Écosse. Un doigt entièrement détaché a repris en peu de jours, en perdant seulement l'ongle. Il paraîtrait même, d'après divers auteurs du XVI^e^ siècle, que l'on parvenait quelquefois à réparer un nez perdu, en y rattachant un morceau de la chair du bras.

M. Percy, qui aurait eu plus d'occasions que personne de pratiquer ces greffes animales, et qui les a essayées plus d'une fois, qui en a tenté même sur des chiens dont les plaies guérissent si aisément, n'a jamais pu réussir. Il a vu reprendre des membres, ou des parties de chair coupées qui ne tenaient plus que par un petit lambeau; mais ce lambeau a toujours été pour lui une condition nécessaire. Il ne prétend pas cependant que d'autres ne puissent être plus heureux; au contraire, il engage les chirurgiens à tout essayer pour rendre enfin vulgaire, si cela est possible, une opération qui, au premier coup-d'œil, semble contrarier toutes les idées que nous nous faisons de l'économie animale dans les espèces d'ordre supérieur.

Les chirurgiens ont reconnu depuis long-temps que, dans les cas où l'extrémité antérieure du pied est seule affectée de carie ou de gangrène, il vaut mieux la retrancher partiellement que d'enlever le pied entier, ou de couper même l'extrémité de la jambe; car ce qui reste du pied est encore fort utile pour la marche: cependant l'on a, pendant bien des années, entièrement négligé de faire ainsi l'opération, et ce n'est guères que depuis 1789 que MM. Percy et Chopart l'ont remise en pratique, mais entre des os différens. Il y a quelque difficulté à trouver promptement les lignes d'articulation des os, et MM. Richerand, Dupuytren, Roux, et Villermé, ont indiqué différens points de repère pour se guider dans cette recherche. M. Lisfranc-Saint-Martin, dans un Mémoire lu à la Classe, en a indiqué encore quelques autres : mais un inconvénient général dont il parle, c'est l'entraînement en arrière, ou l'extension forcée de ce reste de pied, que produit souvent l'action des muscles du mollet, quand elle n'est plus contrebalancée par celle des muscles antérieurs de la jambe, sur-tout quand on ne conserve pas le premier cunéiforme, auquel s'insère le plus puissant de ces derniers muscles. L'auteur recommande particulièrement ce point à l'attention des opérateurs.

M. Léveillé, médecin de Paris, a présenté plusieurs faits intéressans et classés avec méthode, sur les maladies dont le cours est interrompu par l'intervention d'autres maladies, et qui le reprennent lorsque ces dernières sont guéries.

M. Larrey, inspecteur du service de santé militaire, a rappelé l'attention sur plusieurs idées contenues dans l'ouvrage qu'il a publié en 1812, sous le titre de *Mémoires de chirurgie militaire*, etc. Ne pouvant entrer dans ces détails, pour lesquels le public peut d'ailleurs recourir à l'ouvrage imprimé, nous rappellerons seulement l'amputation du bras dans son articulation supérieure, l'un des principaux titres de la gloire chirurgicale de l'auteur, par la sûreté qu'il y a apportée, au moyen d'un procédé particulier aussi simple qu'expéditif, et par une constance très-remarquable dans le succès, puisqu'il a toujours sauvé quatre vingt-dix malades sur cent.

Les deux dernières parties du Traité général des poisons de M. Orfila, jeune médecin espagnol, ont été présentées à la Classe avant d'être livrées à la presse. L'auteur y traite, avec son attention et sa sagacité ordinaires, des poisons végétaux et animaux, qu'il divise, avec M. Fodéré, en *poisons âcres*, *narcotiques*, *narcotiques âcres*, et *septiques*. Les premiers produisent une vive inflammation, mais une partie d'entre eux se borne à exercer une action sympathique sur le cerveau, qui est la cause principale de la mort, d'autres au contraire sont absorbés, et agissent directement sur le cerveau. L'opium n'est ni un excitant ni un narcotique, mais son action est toute particulière. Il commence par stupéfier et développe ensuite des douleurs aiguës et des convulsions horribles. L'auteur prouve, contre Fontana, que l'eau distillée de laurier-cérise, injectée dans les veines, est mortelle, même à petite dose. Les solanums font peu de mal dans nos climats, et c'est probablement pour les avoir confondus avec la belladone qu'on a cru le contraire. Les expériences les plus

précises ont prouvé à l'auteur que les acides, l'eau, et les boissons mucilagineuses, employés contre les narcotiques, accélèrent la mort ; mais que l'eau acidulée est très-utile quand le poison a été rejeté par l'émétique. L'infusion de café et la saignée le sont également.

Parmi les narcotiques âcres se trouvent l'upas, le camphre, l'éther, etc. Le camphre, avalé ou injecté, agit sur le cerveau et sur la moëlle, et produit médiatement l'asphyxie. En petits morceaux, il ulcère d'abord l'estomac, et cause une mort plus lente. L'introduction de l'air dans les poumons est bonne contre tous ces poisons qui occasionnent l'asphyxie.

L'auteur termine son ouvrage en décrivant les maladies spontanées que l'on pourrait confondre avec l'empoisonnement, telles que l'indigestion, le cholera-morbus, etc., et en donnant les moyens de reconnaître la nature d'une substance vénéneuse introduite dans les intestins, malgré les altérations qu'elle peut y avoir subies; problème le plus important de la médecine légale, et de la juste solution duquel peuvent dépendre la vie de bien des innocens, et la punition de bien des coupables. Un article entièrement neuf est celui qui a pour objet de distinguer si le poison a été introduit pendant la vie ou après la mort; car il est arrivé quelquefois que des scélérats ont eu recours à ce dernier moyen, pour livrer aux tribunaux des innocens, objets de leur haine.

L'auteur, après avoir employé trois années entières aux pénibles expériences qui ont servi de base à son livre, se propose, en retournant dans son pays natal, d'en faire de semblables sur les plantes vénéneuses du midi de l'Europe. On ne peut que s'attendre encore à d'importans résultats de la part d'un observateur si habile et si zélé; et la Classe, à qui il promet de continuer la communication de ses recherches, s'est empressée de l'inscrire parmi ses correspondans.

MÉMOIRES

DE LA CLASSE

DES SCIENCES

MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

NIVELLEMENT BAROMÉTRIQUE

DES MONTS-DORES ET DES MONTS-DOMES,

Disposé par ordre de terrains, et présenté à la Classe des sciences Physiques et Mathématiques de l'Institut, dans ses séances des 24 et 31 juillet 1815.

PAR M. le B^on^. RAMOND.

JE présente à la Classe le nivellement détaillé des Monts-Dores et des Monts-Domes. Il détermine l'élévation absolue de plus de deux cent cinquante points remarquables, et complète le travail dont l'un de mes précédens Mémoires contient la première ébauche (1).

On voudra bien se rappeler qu'en l'entreprenant, je m'étais proposé non-seulement d'ajouter aux cartes d'Auvergne

---

(1) Mémoires de la Classe des Sciences, 1808, pag. 154. — Mémoires sur la formule barométrique; Clermont, 1811, page. 122 et suiv.

l'indication des principaux reliefs du terrain, mais encore de fournir des mesures précises aux considérations d'histoire naturelle qui en peuvent tirer avantage.

En conséquence, après avoir exposé sommairement les moyens que j'ai pris pour étendre mes opérations de proche en proche, et en assurer l'exactitude, je commencerai par examiner le sol sous les rapports de sa nature et de son origine.

Ensuite, et conformément à la méthode que j'ai précédemment adoptée, je classerai les mesures des Monts-Dores et des Monts-Domes selon l'ordre des terrains, en ajoutant à l'indication de chaque lieu, les remarques de détail qui y sont relatives.

Enfin, considérant mes opérations comme arrivées à leur terme, et mettant la totalité de leurs résultats en usage, j'appliquerai à la géographie physique du pays, l'échelle dont j'ai successivement mesuré les degrés. Cette partie de mon travail, qui en est le complément, sera l'objet d'un Mémoire séparé.

PREMIÈRE PARTIE.

Marche progressive du nivellement, et vérification géométrique des points principaux.

Tout mon nivellement part de Clermont. La hauteur absolue de cette ville est une constante que j'ai lieu de croire invariablement déterminée : mais mes mesures ne pouvaient pas toutes procéder immédiatement de ce point unique ; les distances horizontales eussent été souvent trop grandes. Il

aurait fallu répéter beaucoup les observations, et l'éloignement rendait les répétitions d'autant plus difficiles qu'elles devenaient plus nécessaires. Observer en courant, éloigner sans discrétion le baromètre voyageur du baromètre stationnaire, traiter avec une égale indifférence et les temps et les heures, monter et descendre sans prendre en considération l'interposition des montagnes, des lacs, des forêts qui modifient les atmosphères locales, voilà des procédés de nivellement qui ne sont que trop ordinaires et dont je n'ai pas voulu donner un exemple de plus. Ce n'est pas user, c'est abuser du baromètre; c'est lui faire perdre, si l'on n'y prend garde, le crédit que nous avons essayé de lui rendre.

Je me suis proposé d'être exact : il était impossible de l'être, si je ne m'assurais des points fixes entre Clermont et les montagnes que je projetais de mesurer.

Pour les Monts-Domes, il n'y avait nulle difficulté : tout consistait à s'emparer du plateau de granit qui domine la ville au couchant, et sert de base à la longue série des volcans modernes. Un petit nombre d'observations a suffi pour me procurer sur ce plateau deux stations subsidiaires : de là j'ai vérifié plusieurs mesures que j'avais prises de Clermont, et j'ai pris celles que je n'aurais pu obtenir directement sans que l'éloignement des baromètres me laissât de la défiance.

Pour les Monts-Dores, c'était plus difficile : la distance horizontale est très-grande, et les deux atmosphères sont sous l'empire d'influences très-différentes; il n'était même pas aisé d'y établir une bonne station, car mon baromètre stationnaire ne pouvait être placé qu'aux bains, qui sont situés dans une gorge étroite et profonde.

On trouve, à la page 137 de la collection de mes Mémoires,

l'élévation absolue que j'avais provisoirement attribuée à ma station des bains du Mont-Dore. Elle était conclue de quatre observations seulement, et je n'avais pour objet de comparaison que celles de l'observatoire de Paris : on sent combien peu une pareille détermination méritait de confiance.

J'ai donc vérifié postérieurement cette mesure au moyen de sept observations comparées à celles de Clermont. Cette opération m'a donné 1054 mètres pour l'élévation des bains, et j'aurais pu m'en tenir à cette dernière évaluation ou essayer de la corriger encore en multipliant les observations. Mais j'étais au pied du Puy-de-Sancy, et l'élévation absolue de ce pic est au nombre des hauteurs dont nous devons la mesure à M. Delambre. Il était tout simple de s'assurer si l'élévation des bains, déduite de celle du Puy-de-Sancy, s'accorderait avec l'élévation de ces mêmes bains, conclue de celle de Clermont, comme j'avais trouvé précédemment la hauteur de Clermont au-dessus du niveau de la mer, confirmée par son abaissement au-dessous du Puy-de-Dome (1).

L'épreuve démentit cette fois mon espérance : il fallait diminuer de dix mètres l'élévation que j'attribuais à ma station des bains. Or, comme j'avais tout lieu de me fier à mes opérations du Puy-de-Sancy, j'étais réduit à suspecter encore la partie de ma mesure comprise entre les bains et Clermont, soupçon d'autant plus naturel que le nombre de mes observations ne paraissait pas proportionné à la distance de quarante mille mètres qui sépare ces deux points, et que, dans ce cas-ci, les inconvéniens de la distance étaient aggra-

(1) Mémoires de la Classe des Sciences, 1808, pag. 89 et suiv. — Collection de mes Mémoires, pag. 75.

vés par la nature et la disposition des lieux. Cependant l'erreur me paraissait trop forte pour m'appartenir toute entière.

Mes doutes on été levés par une suite d'opérations trigonométriques, dont l'exactitude a pour garant l'importance de l'entreprise dont elles faisaient partie. M. Broussaud, chef d'escadron au corps des ingénieurs-géographes, était alors occupé, dans le département du Puy-de-Dome, des travaux exécutés sous la direction du dépôt de la guerre, pour rattacher le Mont-Blanc à la méridienne de Dunkerque. Aussi curieux que moi de comparer les deux méthodes entre elles, il voulut bien se charger de la vérification de mes principales mesures, et il fut secondé dans cette entreprise par M. Lesueur, ingénieur du cadastre, qui possède de beaux instrumens et les met habilement en usage.

Le cercle répétiteur ne pouvait pas suivre la même route que le baromètre ; et loin que cela fût un inconvénient, c'était un avantage qui me procurait une couple de vérifications de plus. Pour arriver à déterminer trigonométriquement l'élévation des bains du Mont-Dore au-dessus de Clermont, ce qu'il y avait de plus expédient était de mesurer d'abord la hauteur du Puy-de-Dome au-dessus de Clermont, ensuite celle du Puy-de-Sancy au-dessus du Puy-de-Dome, enfin celle du même Puy-de-Sancy au-dessus des bains ; ainsi trois de mes mesures fondamentales allaient subir une épreuve sévère.

Pour l'élévation du Puy-de-Sancy au-dessus des bains, mon succès fut complet et le concert admirable : la mesure trigonométrique se rencontra avec la mesure barométrique à deux décimètres près, sur une hauteur total de 843 mètres.

Je ne fus guère moins heureux au Puy-de-Dome. La détermination de sa hauteur au-dessus de ma station de Clermont, exigea la formation de deux triangles secondaires, enchaînés l'un par l'autre aux grands triangles de la méridienne. Les distances au zénith furent prises une multitude de fois et simultanément aux diverses stations. Malgré les soins scrupuleux apportés à ces opérations, et la précision d'angles horizontaux justes à la seconde, les hauteurs partielles n'ont jamais pu cadrer complètement avec la hauteur totale; mais les différences sont petites. En dernier résultat, la hauteur du Puy-de-Dome au-dessus de ma station, a été trouvée de $1063^{m}\ 71^{c}$. Je l'avais portée dans mes Mémoires, pag. 91, à $1066^{m}\ 16^{c}$, sur la foi de huit observations auxquelles je n'ai voulu depuis ajouter aucune autre; mais j'ai averti, à la page 88, que toutes mes observations avaient été calculées d'après ma méthode abrégée, et j'ai aussi averti, à la page 153, que mes hauteurs barométriques étaient trop faibles de 44 centièmes de millimètre (1); or, en les ramenant à la hauteur du baromètre à siphon, et appliquant aux observations le calcul exact de la formule, ma mesure se réduit à $1064^{m}\ 90^{c}$, d'où il suit que la différence entre M. Broussaud et moi est à peine de douze décimètres, ou trois pieds huit pouces.

Il ne restait plus qu'à déterminer la différence de niveau entre le Puy-de-Sancy et le Puy-de-Dome. Elle fut calculée d'après un nombre très-considérable de distances au zénith,

(1) Ces citations se rapportent à la pagination des Mémoires de la Classe. Dans la collection que j'ai imprimée en 1811, ce sont les pages 72, 75, et 121.

prises des deux stations, et demeura fixée à $420^{m}\ 36^{c}$. Là était le nœud de la difficulté et la solution de mes doutes, car en comparant entre elles les mesures de M. Delambre, cette même différence ne devait être que de $412^{m}\ 50^{c}$, c'est-à-dire moindre de huit mètres, et c'étaient ces huit mètres qui faisaient la discordance des deux hauteurs conclues pour les bains, l'une en descendant du Puy-de-Sancy, l'autre en remontant de Clermont. En ajoutant cette quantité à l'élévation de ce pic, tout s'accorde, et mon erreur sur la hauteur des bains ne surpasse pas deux mètres, si toutefois la mesure trigonométrique n'a pas sa part de cette erreur.

Maintenant, en admettant que ma station de Clermont est élevée $411^{m}\ 21^{c}$, ainsi que je l'ai établi dans le Mémoire cité (1), et ne faisant usage au-surplus que des opérations géométriques, le Puy-de-Dome sera élevé de $1474^{m}\ 92^{c}$, ce qui s'accorde entièrement avec la mesure de M. Delambre; mais la hauteur du Puy-de-Sancy sera un peu plus forte qu'il ne l'a supposée, et demeurera fixée à $1895^{m}\ 22^{c}$; et l'élévation de la place des bains sera de $1051^{m}\ 82^{c}$; résultats dont les deux premiers m'avaient été fournis avec une exactitude merveilleuse par un très-petit nombre d'observations, et dont le dernier n'apporte qu'une correction bien légère à celui que j'avais obtenu du baromètre dans les circonstances les moins favorables à son usage.

Voilà ce que nous apprend la comparaison très-scrupuleuse des deux méthodes, l'une appuyée sur des angles mesurés des milliers de fois avec un soin et une patience

(1) Mémoires de la Classe des Sciences, 1808, pag. 91. — Collection de mes Mémoires, pag. 75.

extrême, durant les années 1811, 1812, et 1813; l'autre n'opposant à cette masse de travaux exécutés par des mains très-habiles, que deux douzaines d'observations faites en quelques heures.

Et l'exactitude de la méthode trigonométrique a bien aussi ses bornes. En comparant entre elles les mesures totales et les mesures partielles qu'elle nous a fournies, on est forcé de reconnaître qu'aucune n'est sûre, à un ou deux mètres près. Cette incertitude est bien peu de chose, mais les mesures barométriques n'en ont pas davantage; et si l'on emploie séparément les diverses séries qui ont concouru à la détermination de l'angle moyen, celles-ci présentent des écarts qui excèdent de beaucoup les limites où les erreurs du baromètre se renferment.

L'imperfection des deux méthodes remonte à une source commune, et les deux instrumens sont pareillement en défaut quand la disposition des couches atmosphériques est telle que le décroissement graduel de la chaleur et de l'humidité s'y trouve altéré ou interverti; mais ce désordre, en se manifestant aux instrumens trigonométriques par les anomalies de la réfraction, paraît exercer sur les résultats une influence incomparablement plus grande que lorsqu'il altère le rapport des pressions indiquées par deux baromètres correspondans. Dans ce cas-ci, un petit nombre d'observations suffit pour compenser les erreurs; dans le premier, il en faut un nombre considérable; et nous nous sommes bien convaincus, M. Broussaud et moi, que des mesures barométriques, prises avec soin, sont préférables aux mesures trigonométriques elles-mêmes, toutes les fois que celles-ci ne reposent pas sur des observations réciproques et très-mul-

tipliées, faites avec d'excellens instrumens et par des personnes très-expérimentées, avec tout l'appareil et le temps que de semblables opérations requièrent.

L'élévation des bains du Mont-Dore ayant été ainsi rapportée à celle de ma station primitive de Clermont, avec une exactitude que je dois regarder comme hors de soupçon, je suis parti de ce nouveau point pour mesurer les hauteurs voisines dans un cercle de deux ou trois lieues de rayon. Il était impossible de s'arrêter beaucoup à chacune et d'y répéter souvent les observations. L'attention a été proportionnée au degré d'intérêt que présentaient les lieux. Qu'un village, par exemple, soit situé quatre ou cinq mètres plus haut ou plus bas, c'est ce qui est également indifférent dans toutes les considérations possibles, sur-tout quand son sol est fort inégal et quand on ne saurait désigner au juste la station du baromètre. Les points saillans, les lieux remarquables, sont traités avec plus de scrupule : ordinairement j'y ai réitéré les observations, et jamais je n'ai manqué de le faire quand il m'était resté du doute sur les circonstances des opérations. Enfin, quoique je n'aie pu ni consacrer beaucoup de temps à ce travail, ni choisir toujours celui qui convenait le mieux, je crois que mon nivellement, tel qu'il est, renferme peu d'erreurs, et du moins très-peu d'erreurs graves.

SECONDE PARTIE.

Considérations générales sur la nature des terrains compris dans le nivellement.

Mon travail, considéré sous le point de vue oréognostique, comprend la partie la plus intéressante du département du Puy-de-Dome, et tous ses terrains, à l'exception des montagnes d'alluvion fluviatile, dont il a été question à l'occasion des nivellemens que j'ai précédemment publiés.

Ces terrains sont d'abord le plateau granitique, support commun des montagnes volcaniques d'ancienne et nouvelle origine.

Puis, les porphyres, les basaltes, les brèches et les tufs, qui composent les premières;

Ensuite, les montagnes de Domite, que je regarde comme une dépendance de celles-là;

Enfin, la longue série des volcans modernes et le cours de leurs laves principales.

J'avais déja essayé d'en donner une idée. De nouvelles observations m'autorisent à y revenir, parce qu'elles ont étendu et rectifié mes premiers aperçus.

Je vais donc décrire ces terrains comme je les ai vus, sans prévention antérieure pour aucun système quelconque et avec une entière indépendance du sentiment de mes devanciers. On a beaucoup écrit sur les volcans éteints, et très-bien écrit sur ceux de l'Auvergne; mais des hommes d'un mérite égal n'en ont pas moins tiré, des mêmes faits, les conséquences les plus opposées. Pour me former une opi-

nion personnelle sur des questions qui partagent depuis long-temps les naturalistes, et ne sont pas encore résolues pour tous, il fallait voir de mes propres yeux, constater les faits par moi-même, et n'emprunter ni les observations ni le jugement de personne. La discussion me semble arrivée à ce terme où il serait difficile d'y rien apporter de nouveau, si ce n'est peut-être un témoignage original et qui ne soit la répétition d'aucun autre.

§ I. Terrain granitique (1).

Le plateau qui sert de base aux Monts-Dores et aux Monts-Domes, fait manifestement partie de la formation des gneiss. On y rencontre tour-à-tour des granits veinés, des schistes micacés, et du gneiss proprement dit, des siénites très-variées, du *grünstein*, soit grenu, soit schisteux; le pétrosilex, la cornéenne, et quelques porphyres. La texture granitoïde est, au reste, celle que ses roches affectent le plus communément; et, dans le nombre des granits, il s'en trouve de très-régulièrement cristallisés; mais nonobstant leur ressemblance avec les granits qui passent pour être de première formation, on ne peut se méprendre sur l'ordre où ils doivent être rangés; il est indiqué d'abord par leurs connexions, et ensuite par des caractères de composition et de structure qui n'échappent point à des yeux un peu exercés.

Les montagnes volcaniques sont sur-ajoutées au plateau sans interposition de couches étrangères. Elles partent toutes

(1) Voyez ci-après, le nivellement détaillé, du n° 1 au n° 8.

d'une élévation à-peu-près pareille, et la diversité de leurs hauteurs absolues est en général indépendante de celle de leur base.

On s'en assure aisément aux Monts-Domes : ces masses, imparfaitement liées entre elles, laissent par-tout apercevoir leur support. On voit le granit à leurs pieds, dans leurs flancs, et nulle part sa hauteur ne surpasse le niveau moyen du plateau.

Aux Monts-Dores, au contraire, le plateau granitique est entièrement recouvert sur une étendue dont le circuit approche de cinq myriamètres. Il serait permis de croire que l'élévation des montagnes centrales tient à l'exhaussement de leur base. Le nivellement détruit le soupçon. Au point où le granit reparaît, on le trouve précisément à la même hauteur qu'au pied des Monts-Domes, et pour peu qu'il fît saillie sous la chaîne porphyritique, il serait mis à nu par les profondes déchirures dont elle est sillonnée. Ainsi, à partir de mille mètres d'élévation absolue, tout appartient aux superpositions d'origine ignée; ce qui donne à celles-ci une épaisseur totale de six à huit cents mètres, épaisseur énorme qui se maintient jusqu'à une assez grande distance du centre, mais ensuite décroît rapidement vers les bords.

Les couches dont le plateau se compose m'ont paru en général très-inclinées, souvent verticales, et dirigées à-peu-près du nord au sud. Le foyer des volcans à pu être placé au-dessous; peut-être était-il à leur intérieur même. Ce qui porterait à le penser, c'est qu'aucun volcan n'a éclaté hors des limites de la région granitique. Quoiqu'il en soit, les explosions ont lancé au loin des blocs de granit intact :

on en rencontre sur des montagnes très-élevées; presque tous les cratères en présentent des fragmens, et l'on en trouve dans les laves anciennes et modernes, dans les basaltes et dans les scories.

J'ai donné ailleurs l'élévation de plusieurs points du plateau; je me borne ici à l'indication de ceux qui sont les plus voisins des Monts-Dores, et marquent la limite de l'encroûtement volcanique.

§ II. Laves feldspathiques et porphyritiques (1).

Quoique l'on ne puisse montrer les bouches qui ont vomi les *klingsteins,* les pétrosilex, les porphyres, dont les Monts-Dores sont en grande partie formés, et quoiqu'on se livrât probablement en vain à la recherche de leurs cratères, entièrement effacés par les révolutions que cette contrée a subies, il faut bien trancher le mot et donner le nom de laves à des roches où l'action du feu est presque toujours perceptible, qui s'étendent à la manière des courans plutôt qu'à la manière des dépôts, contiennent une énorme quantité de matières bulleuses, en sont le plus souvent recouvertes ou empâtées, montrent des scories parmi leurs débris, s'entremêlent avec des amas informes de brêches évidemment volcaniques, et reposent sur d'immenses lits de cendres ponceuses.

En les qualifiant de laves feldspathiques, j'indique la substance dominante, celle qui en constitue souvent la totalité et presque toujours la plus grande partie. C'est du feldspath

(1) Voyez le nivellement détaillé, du n° 9 au n° 41.

tantôt cristallisé, tantôt en masse; du pétrosilex plus ou moins pur, compacte, terreux, fissile, écailleux, grenu : c'est surtout une variété infinie de porphyres qui diffèrent entre eux par le nombre et la grandeur de leurs cristaux, par la texture, la couleur, la composition de leur pâte. En général, cette pâte est également feldsphatique; ça et là, mais rarement, elle prend la nature du *pechstein* ou de l'obsidienne. Plus ordinairement, le pyroxène et l'amphibole s'y combinent à forte dose; enfin, elle devient décidément basaltique dans quelques-uns, et la transition du porphyre au basalte proprement dit, a des nuances si délicates, que sans la connaissance des gissemens on ne saurait souvent à quel ordre de déjections rapporter ces laves ambiguës.

Dans le nombre des diversités que nous venons d'indiquer, celles qui tiennent à la texture et à l'apparence plutôt qu'à la composition intime, ne se rencontrent pas seulement dans des coulées différentes, mais se succèdent aussi dans une seule et même coulée, en sorte que la ressemblance et la dissemblance extérieure sont des signes également équivoques, soit pour constater la continuité de certaines coulées, soit pour distinguer l'une de l'autre celle qui s'entre-croisent; et cette circonstance, jointe au morcellement actuel de ces vieilles laves, en rend le tracé extrêmement difficile.

Cette difficulté est déja grande en ce qui concerne les coulées plus simples que l'on rencontre sur les limites de l'encroûtement : elle devient presque insurmontable vers le centre de la chaîne. Là, les déjections fluides, solides, incohérentes, sont amoncelées avec tout le désordre des accidens qui les ont produites, et leur superposition se montre sous des aspects trompeurs dans les coupes formées ensuite par

le creusement des vallées, attendu que la direction de ces vallées tranche obliquement la plupart des courans qu'elles partagent.

De là vient encore que l'on est assez embarrassé d'assigner leur rang véritable aux coulées de basalte qui se présentent à la base, sur le flanc, et dans toutes les lacunes des montagnes de porphyre. A ne consulter que la disposition générale, les probabilités seraient pour l'antériorité des éruptions basaltiques, par cela seul que les basaltes occupent les parties inférieures, tandis que les porphyres constituent les sommets les plus élevés; mais les observations de détail ne permettent guères de s'arrêter à cette première idée, et tendraient même à accréditer l'opinion contraire; car on voit fréquemment le porphyre déposé sur le granit, et le basalte sur le porphyre; et je ne connais encore aucun exemple de porphyre immédiatement superposé au basalte. L'aspect de ces montagnes favorise même singulièrement la supposition de l'antériorité des laves feldspathiques : le basalte, malgré le volume, le nombre et l'étendue de ses courans, ne semble y occuper qu'un rang secondaire; et l'on satisferait pleinement à l'impression que fait la vue de l'ensemble, en considérant les laves de cette espèce comme épanchées dans les crevasses et sur les ruines des montagnes de porphyre. Cependant ce serait faire violence au témoignage des apparences elles-mêmes que de nier toute interposition. On rencontre des fragmens de basalte dans des brêches qui paraissent alterner avec les laves feldspathiques; on en trouve des coulées entières enfermées dans des couches ponceuses qui semblent se prolonger sous les porphyres adjacens; et quand même cette extension demeurerait douteuse, il suffit

que les couches ponceuses supportent et recouvrent tour-à-tour un grand nombre de coulées basaltiques, pour qu'il y ait intercalation manifeste des déjections appartenantes aux deux systèmes; d'où l'on doit inférer que les éruptions ont été alternatives, et que les volcans étaient contemporains. Or, une fois que le porphyre et le basalte sont les productions de la même époque, nous n'avons plus d'intérêt à rechercher laquelle de ces deux roches a posé la première pierre de l'édifice qu'elles ont élevé en commun.

Ce qui donne aux produits feldspathiques du Mont-Dore une prééminence marquée sur tous ceux dont l'encroûtement se compose, c'est d'abord l'épaisseur des coulées et le nombre des assises superposées; c'est ensuite l'énorme abondance des matières pulvérulentes et des brêches qui enveloppent et accompagnent les laves; c'est sur-tout la réunion et l'amoncellement de toutes ces déjections autour d'un centre commun. Le volcan a été unique, ou, s'il avait plusieurs bouches, elles étaient très-rapprochées. On ne saurait demeurer indécis sur sa position : tout nous conduit au faîte de la chaîne et au voisinage du Puy-de-Sancy. Il a brûlé très-long-temps, agi avec une continuité et une puissance dont aucun autre volcan de cette contrée n'offre d'exemple, et paraît avoir soulevé ses laves jusques par-dessus le bord de ses cratères. Mais l'espace que ses déjections recouvre semble peu proportionné à leur abondance : elles sont toutes comprises dans un cercle d'assez médiocre étendue, et l'on ne voit pas sans surprise les coulées de porphyre s'arrêter à une distance que dépassent beaucoup les laves basaltiques.

A cela près, elles ont procédé de même; et quoiqu'il soit rare de rencontrer des coulées dans leur intégrité, il suffit

de rapprocher par la pensée ce que l'on voit par portions, pour se convaincre que les porphyres, les pétrosilex, les klingsteins, sont disposés exactement à la manière des basaltes. Ils ont un chapeau de matières bulleuses et scorifiées, couvrant des masses d'une contexture plus ou moins compacte; vers la partie inférieure, la lave se divise assez ordinairement en tables, et repose presque toujours sur un lit de matières poudreuses, produites par la décomposition de ses scories, ou fournies par les projections du volcan; enfin, la portion intermédiaire, quand la lave a une épaisseur suffisante, tend à se configurer en prismes qui ne le cèdent aux prismes basaltiques ni en longueur, ni en régularité. Cette similitude extérieure en a quelquefois imposé aux minéralogistes anciens, et l'on trouve, dans leurs écrits, des porphyres prismatiques confondus avec les basaltes, parce que la configuration colonnaire était le caractère auquel l'idée de basalte s'était spécialement attachée.

Ainsi des laves d'espèce très-diverse affectent une structure toute pareille. Puisque cette structure est indifférente à ce qu'elles ont de distinct, il faut en chercher la cause dans ce qu'elles ont de commun, et comme on n'aperçoit rien de semblable dans les porphyres et les trapps d'origine aqueuse, on ne peut s'empêcher de mettre la division prismatique au nombre des attributs de la liquéfaction ignée.

Quelques-uns l'expliquent par la cristallisation; mais point de cristaux véritables sans la symétrie des faces et la constance des angles. Ce sera donc un retrait déterminé par la déperdition du calorique; mais ce retrait diffère singulièrement de celui qu'occasionne la perte de l'humidité. D'abord, il n'affecte aucune direction particulière : les prismes sont

tour-à-tour, et quelquefois dans les mêmes masses, verticaux, inclinés, couchés; ils sont courbés, fléchis, brisés, entre-croisés de mille manières; il y en a même qui divergent en tout sens d'un centre commun. Ensuite, nul interstice sensible entre eux : ils se moulent l'un sur l'autre, se touchent par des surfaces lisses et polies, et adhèrent souvent de manière à ne pouvoir être séparés sans effort. Jamais, enfin, les divisions ne rencontrent les nombreux cristaux que la pâte des prismes renferme. Aucun de ces cristaux n'est partagé; aucun n'empiète d'une face sur l'autre; tous sont exactement contenus dans le prisme auquel ils appartiennent, et chaque prisme est un tout, aussi complet que s'il eût été isolément formé. On conçoit difficilement un pareil retrait si on ne le regarde comme un effet de l'attraction qui, en agissant dans de certaines limites, créait autant d'axes de condensation dont les distances respectives, ainsi que les inclinaisons, étaient réglées soit par la condition de la lave, soit par les accidens de son mouvement progressif et de son roulement sur elle-même.

§ III. Basaltes (1).

On rencontre les basaltes sur toutes les avenues du Mont-Dore, dans toutes ses vallées, au penchant de la plupart de ses montagnes, et à la cime de plusieurs. Placés à toutes les hauteurs, les plus grandes exceptées, ils appartiennent à des éruptions successives, qui paraissent avoir alterné avec celles du volcan d'où sortaient les laves porphyritiques.

---

(1) Voyez ci-après le nivellement détaillé, du n° 42 au n° 85.

Les lambeaux de basalte, isolés sur les cimes, doivent être au nombre des moins anciens, puisqu'ils sont les plus élevés; et les coulées dont ils faisaient partie, ont été entamées les premières, parce qu'elles furent livrées les premières aux accidens qui ont opéré le creusement des vallées. Ces lambeaux sont couchés immédiatement sur les laves de nature feldspathique, sans interposition de couches ponceuses, ce qui donnerait à penser qu'alors les projections de cette dernière espèce avaient cessé.

D'autres basaltes forment des plateaux plus ou moins étendus, tantôt détachés des plateaux de porphyre, tantôt appliqués aux bases de ceux-ci, ou bien disposés par étages sur le flanc des montagnes, et se répétant communément à l'opposite, en témoignage de l'étendue primitive de la coulée et des progrès de l'excavation. Ces derniers, et sur-tout ceux que l'on rencontre au centre des Monts-Dores, sont accompagnés, supportés ou recouverts par des brêches volcaniques et des couches composées de débris ponceux.

Enfin, de grandes couches basaltiques sont conservées intactes au fond de vallées anciennes que les accidens ont ménagées, ou de vallées nouvelles dont le creusement a atteint sa limite. Ces couches, visibles seulement sur quelques points de leur superficie, se recouvrent de débris que versent les pentes voisines, ou que les torrens déposent.

En considérant le nombre et l'étendue des coulées basaltiques, on reconnaît qu'elles ont surpassé toutes les autres en abondance. Elles procèdent vraisemblablement de plusieurs volcans distincts, et quelques-unes se sont tellement prolongées du côté de la plaine, qu'on serait tenté d'en rapporter l'origine à des bouches peu éloignées du lieu où on les

rencontre; mais on n'aperçoit rien d'ailleurs qui justifie ce soupçon; tout se lie de proche en proche, et remonte graduellement aux Monts-Dores : c'est ici seulement que l'on trouve les coulées en cet état qui annonce la proximité des cratères. La situation des lieux où ces indices se montrent, porte à croire que les divers centres d'éruption étaient placés à la proximité du Puy-de-Sancy et au pourtour du volcan d'où les laves porphyritiques sont sorties. D'ici on voit les coulées se diriger vers tous les points de la circonférence, mais sur-tout au midi et au levant, et dans cette dernière direction, on les retrouve en longs plateaux, en cônes isolés, en couches éparses, d'abord sur le terrain granitique, ensuite sur le terrain d'alluvion, et jusqu'à cinquante et soixante mille mètres de distance, nonobstant l'interposition actuelle du cours de l'Allier, dont le bassin n'était pas creusé au temps de ces antiques éruptions. Une pente totale de sept à huit cents mètres leur a suffi pour parcourir de tels espaces, tandis que les laves modernes des Monts-Domes, en descendant rapidement d'étages en étages, ont à peine fourni un cours d'une couple de lieues.

La propriété de s'étendre indéfiniment sur des plans presque horizontaux et de s'y étaler en forme de couches régulières, est une de celles qui distinguent le plus fortement les laves basaltiques des laves modernes. Elles s'en distinguent encore par la fréquence et la régularité des divisions prismatiques, par la rareté relative et quelquefois l'absence apparente des parties bulleuses et scorifiées. Sous le rapport des dispositions générales, les basaltes sont donc dans la même condition que les laves porphyritiques, et cette conformité étant indépendante de la nature des laves, indique l'influence

prédominante de circonstances particulières à l'époque de leur émission.

Le basalte a reçu, des mêmes circonstances, une contexture qui le distingue des laves basaltoïdes modernes les plus compactes. Il a l'air plus mat, plus gras ; la lave à l'aspect et le tact plus aride : il est plus lourd, se délite autrement, et ses parties altérées prennent un œil terreux qui demeure étranger aux décompositions de celle-ci. Ses scories sont aussi moins légères, et se font remarquer par ce même aspect terreux qui contraste avec l'apparence sèche et presque vitreuse des scories d'origine récente. Enfin, les terrains basaltiques, plus compactes, plus humides, plus froids, ont rarement la fertilité que les laves modernes communiquent au sol qu'ameublissent leurs débris.

La décomposition des basaltes offre d'ailleurs des particularités bien dignes de remarque : il est curieux de voir cette pierre, d'un tissu si uni et d'une pâte en apparence si homogène, changer d'aspect au point de n'être plus qu'un composé de parties dissimilaires. L'altération s'annonce d'ordinaire par des taches d'une couleur plus pâle. Les basaltes ainsi mouchetés, perdent promptement leur cohérence, et la plus légère percussion suffit pour les résoudre en grains souvent trapézoïdes, très-souvent lenticulaires, lesquels n'adhéraient plus entre eux que par l'intermède d'une substance devenue friable. On voit dans ces grains plus durs, l'ébauche d'aggrégations qui tendaient à se former autant que le permettait la fluidité pâteuse de la lave. Les particules exclues de l'aggrégation se sont altérées et se séparent les premières parce-qu'elles étaient plus lâchement unies, et ces basaltes se décomposent précisément comme il se sont composés.

Dans d'autres basaltes, la décomposition est plus uniforme, mais respecte encore des portions de la pâte qui deviennent discernables par l'altération et le changement de couleur des parties environnantes. Ces basaltes constituent quelquefois des couches au-dessous de certaines coulées, et sont au nombre des substances que l'on a confondues dans la dénomination bannale de *wakkes*, dénomination également appliquée à des lits de scories décomposées et passant à l'état terreux. Les *wakkes* dont il est ici question, ont de même une consistance terreuse et une couleur ordinairement grisâtre et quelquefois ochreuse : on y trouve des nœuds plus ou moins altérés et souvent méconnaissables de péridot et de pyroxène, des cristaux d'analcime, des fragmens adventices que la lave a entraînés sans les fondre, des portions enfin de basalte sain, qui se sont probablement consolidées les premières, et se préservent de la décomposition par la combinaison plus intime de leurs élémens. Telle est souvent la multiplicité des parties devenues dissemblables, qu'on croirait voir une brêche des mieux caractérisées ; mais en prenant ces *wakkes* à divers degrés de décomposition, on remonte par une suite de transitions insensibles, depuis la brêche jusqu'au basalte d'apparence homogène ; elles en conservent même les dispositions habituelles, et il n'est pas rare de les trouver divisées en tables, configurées en prismes et agglomérées en boules.

La réduction en boules est le plus singulier des phénomènes que présente la décomposition du basalte. Le premier rudiment de ces boules paraît être dans les tronçons des prismes articulés. Il est tout simple que ces tronçons soient disposés à s'arrondir, par cela seul que leurs angles sont doublement

exposés à l'action des causes extérieures d'altération. Mais il y a quelque chose de plus, et les progrès de la décomposition révèlent bientôt l'existence de couches concentriques et distinctes, qu'elle attaque dans l'ordre de leur destructibilité et non dans celui de leur emboîtement, en sorte que la séparation successive des feuillets extérieurs est provoquée par la décomposition anticipée des feuillets interposés. Nul doute que ces couches de diverse consistance ne fussent formées d'avance dans nos tronçons de prismes, et n'y demeurassent auparavant cachées sous l'apparence trompeuse d'une texture et d'une couleur uniforme. Elles indiquent une tendance des particules vers un centre commun, tendance qui n'a pu être satisfaite que dans un certain état de la lave, et par le concours d'un degré de fluidité et d'une gradation de refroidissement, propres à laisser au mouvement des molécules une certaine liberté.

On ne voit rien de semblable, ni dans les laves feldspathiques, ni dans les laves basaltoïdes modernes, quoique la division prismatique soit familière aux unes, et ne soit pas totalement étrangère aux autres ; et la décomposition en boules demeure exclusivement affectée au basalte.

Cependant, et malgré tout ce que nous venons d'indiquer de caractères distinctifs, nulle différence essentielle et intrinsèque entre les laves basaltiques de l'Auvergne et la plupart de ses laves modernes; c'est le même fond, et ce sont les mêmes accessoires. Le pyroxène, le péridot, l'amphibole, le feldspath, tantôt en cristaux ou en grains, tantôt intimement combiné à la base de la lave, se retrouvent également dans les unes et dans les autres : il n'y a que la mésotype et le carbonate de chaux qui restent du côté des basaltes. Quant

à la disposition générale, la différence n'est que du plus au moins : les laves anciennes et modernes se comportent réellement de même, ne procèdent que sur des plans inclinés, recouvrent indifféremment des terrains de toute espèce; et les basaltes, quoiqu'on en ait dit, sont rarement exempts de parties bulleuses et presque toujours accompagnés de leurs scories. Enfin, point de caractères absolus et constans ; ceux que fournit la comparaison des extrêmes s'évanouissent quand on compare les intermédiaires. Certains basaltes ne diffèrent en rien de certaines laves; certaines coulées tiennent à-la-fois de celles de l'une et l'autre époque ; c'est toujours le même phénomène; c'est le même accident diversement modifié, le même fait répété dans d'autres circonstances, et il ne paraît pas difficile de qualifier ces circonstances une fois que l'on a reconnu la nature des modifications qui leur sont dues.

En effet, si les laves basaltiques ont coulé plus horizontalement et se sont portées à de plus grandes distances, il faut bien leur accorder une fluidité plus complète et plus permanente que celle dont les laves modernes ont été douées. Si les basaltes se distinguent par une texture plus serrée, par des divisions prismatiques plus fréquentes et plus régulières; s'ils ont, à volume égal, plus de parties compactes et moins de parties bulleuses; si l'on entrevoit à leur intérieur des distributions et des rapprochemens de particules qui annoncent un commencement d'obéissance à l'attraction moléculaire, c'est l'indice infaillible, non-seulement d'une liquéfaction plus parfaite, mais encore d'une plus forte compression, d'un refroidissement plus lent et plus gradué. Or, tout cela peut avoir eu lieu dans des temps fort antérieurs aux

nôtres, et ces temps nous sont déja désignés par des monumens où ne se montrent pas moins l'énergie des forces qui ont agi à la surface de notre globe. Des terrains de transport, composés en partie des débris de nos basaltes, renferment aussi les ossemens des antiques races d'animaux qu'une grande catastrophe a détruites sans retour; voilà une date précise, et cette date lève bien des difficultés. Les basaltes sont au nombre des produits de cette époque où notre planète parcourait peut-être une autre orbite, était douée, au moins, d'une très-haute température, et ceinte par conséquent d'une immense atmosphère. On concevra donc sans peine la fluidité plus complète des laves contemporaines, la lenteur du refroidissement, l'intensité des forces comprimantes, causes plus que suffisantes pour imprimer aux déjections des anciens volcans le caractère qui les distingue. Enfin, les événemens qui ont mis un terme à cette période, et ouvert celle où nous vivons, expliquent à leur tour le bouleversement de l'ancien sol, le déchirement des nappes basaltiques, et le morcellement de leurs restes.

Des révolutions capables d'entamer les aggrégations les plus solides, ne pouvaient manquer de disperser d'abord les déjections incohérentes répandues le long des coulées, et amassées autour des centres d'éruption. Les courans de lave sont réduits à leur noyau, et dépourvus de ce qu'ils avaient d'accessoires destructibles ou mobiles; la plupart des cratères ont entièrement disparu; on ne peut que soupçonner la place de quelques autres; mais on n'en est assurément pas loin, lorsqu'en remontant les principales coulées basaltiques on finit par les trouver accompagnées de leurs scories supérieures, inférieures et intérieures, adhérentes ou libres, filées,

tordues, en larmes, d'une fraîcheur et d'une légèreté qui le disputent à ce qu'il y a de mieux conservé dans les scories des volcans modernes ; et ce n'est assurément pas aux Monts-Dores que la fameuse question de la volcanicité des basaltes sera jamais l'objet d'une discussion sérieuse.

§ IV. Déjections anomales (1).

L'encroûtement volcanique des Monts-Dores n'est pas composé seulement de laves continues et homogènes; il se grossit encore d'une immense quantité de matières rejetées tantôt sous la forme poudreuse, tantôt en fragmens de différens volumes, tantôt à l'état de fusion imparfaite qui caractérise les produits d'éructations mal digérées.

De ces différentes déjections, les dernières sont les moins abondantes. Elles paraissent confinées dans un espace borné, et s'éloigner fort peu des centres d'éruption. Des pierres diverses, arrachées des entrailles du volcan, des scories, des portions de lave recuite, ont été happées par la lave fluide, et l'on y remarque de très-grandes masses de porphyre et de basalte cellulaires, à grosses bulles distantes, d'une couleur fuligineuse, et d'un aspect particulier.

Mais aucuns produits n'égalent en abondance ceux des projections effectuées par l'effort des gaz élastiques. Les amas que ces projections ont formés surpassent les déjections fluides en volume, les supportent, les recouvrent, les enveloppent, et sont, en quelque sorte, le réceptacle commun de toutes les coulées régulières.

---

(1) Voyez ci-après le nivellement détaillé, du n° 86 au n° 113.

On peut ranger ces produits en deux classes. Ce sont d'abord des cendres ponceuses, les unes sans adhésion, les autres consolidées par le tassement, l'infiltration, et quelquefois l'immersion, en un tuf blanc d'une certaine cohérence. La plupart de ces amas peuvent être considérés comme des brêches, si l'on a égard aux débris hétérogènes qui y sont répandus. Ce sont ensuite des brèches proprement dites, entièrement formées de fragmens entassés et immédiatement en contact. On y remarque des scories de diverse nature, du basalte, des porphyres, du pétrosilex, des laves granitiformes, du granit, soit intacts, soit chauffés, soit bulleux, enveloppés d'une pâte tufeuse, ou le plus souvent agglutinés simplement par une sorte de ciment ferrugineux qui en remplit à peine les interstices, et n'est autre chose que le résultat de la décomposition d'une partie des fragmens eux-mêmes.

Ces cendres, ces tufs, ces aggrégats et les coulées régulières ou irrégulières qui les traversent, se succèdent et s'intercalent par-tout avec plus ou moins de désordre; mais c'est vers le centre des Monts-Dores, et sur-tout au nord du Puy-de-Sancy, que la confusion des produits porte le plus manifestement l'empreinte des formations ignées, et annonce sans équivoque la proximité des bouches d'où sortirent tant de matières différentes et diversement modifiées. L'eau qui étale et nivelle tout ce qu'elle transporte et dépose, n'a certainement pas concouru à l'arrangement de bizarres assemblages où rien n'est disposé en couches réglées, et les volcans actuellement brûlans n'entassent pas autrement, à l'entour de leurs cratères, les déjections liquéfiées, solides et pulvérulentes qui leur échappent pêle-mêle.

A mesure qu'on s'éloigne du Puy-de-Sancy, on voit un certain ordre s'établir, mais c'est encore celui qui caractérise les formations volcaniques. Les coulées de porphyre et de basalte descendent en longs courans ou s'étendent en larges nappes sur des plans toujours inclinés et sur des lignes toujours divergentes du centre commun. Les tufs et les brèches qui les accompagnent se divisent en épaisses assises, où il est aisé de reconnaître des projections intermittentes et répétées de pierres, de scories et de cendres. Enfin, ces diverses déjections sont inégalement distribuées autour du point de départ ; les unes et les autres ont plus d'étendue et de volume du côté de l'orient : les laves, parce qu'elles y étaient appelées par les pentes ; les matières pulvérulentes, parce qu'elles y étaient poussées par les vents dominans.

On a voulu faire intervenir les eaux dans l'arrangement de ces dernières, et je ne sais même si l'on n'a pas eu recours à l'ancien Océan, explication finale de tout ce qu'on est en peine d'expliquer. Il y a quelque chose de bien vague dans toutes ces idées d'inondation ; elles sont sans fondement, du moins, en ce qui concerne les assises de brèches et de cendres ponceuses, car ces assises n'ont de commun avec les couches déposées par les eaux, que leur division en lits, sans avoir rien de leur contexture intérieure. Nul indice de stratification dans l'arrangement des parties intégrantes ; rien n'y est couché à plat, rangé en lignes parallèles, superposé par ordre de gravité ; la cassure est indéterminée, l'aggrégation n'a pas de fil, tout y est distribué au hazard, et, dans le nombre des élémens qui composent une assise, les plus volumineux et les plus lourds en occupent indifféremment le milieu, le bas et la partie supérieure.

De plus, on voit des masses isolées et adventices jetées sans ordre à travers les assises, les unes engagées dans l'épaisseur d'une couche et y demeurant comme suspendues, les autres emboîtées entre deux couches sans que cette interposition ait déterminé les particules du tuf à se ranger sur des lignes fléchies au gré des sinuosités de l'obstacle. Ce sont des quartiers de pierre de toute dimension, et ces quartiers n'ont pas perdu un seul de leurs angles; ce sont des masses de brèche, souvent énormes, et leurs cassures ont conservé toute leur aspérité primitive; ce sont des portions considérables de coulées porphyritiques et basaltiques évidemment déplacées, et leurs prismes n'ont été pourtant ni froissés ni désunis. On conçoit très-bien comment, durant les éruptions du volcan et les commotions qui en étaient la suite, des blocs de pierre ont pu être lancés au loin, des masses de brèche, des lambeaux de coulée, se séparer et tomber au milieu des amas que formait une pluie de lapilli et de cendres; on ne concevrait pas de même d'où serait venu le déluge qui aurait brassé de pareils débris, ce qui aurait communiqué aux eaux la force nécessaire pour remuer de telles masses, et quelle réunion de circonstances, enfin, aurait opéré tous ces déplacemens sans arrondir les blocs, sans broyer les brèches, sans démembrer l'assemblage des coulées prismatiques, sans agir même sur la disposition des parties dont les tufs se composent.

Si les eaux eussent été capables de ces efforts, elles ne l'eussent pas été de ces ménagemens; et, en effet, ce qu'elles ont laissé de traces de leur présence réduit l'idée qu'on peut s'en faire à une bien moindre mesure. La consolidation des amas ponceux, l'infiltration des brèches, quelques tufs feuil-

letés au bas de certaines assises, et çà et là des lits peu épais de sable et de gravier, voilà tout ce qui leur appartient; or, il n'a pas fallu beaucoup d'eau, soit pour imbiber les couches ponceuses de proche en proche, soit pour entraîner et disposer en minces feuillets ce qu'il y avait de plus atténué et de plus mobile dans les amas incohérens de particules déja si légères, soit pour charier et déposer des sables et des galets dont la quantité n'excède pas ce que les torrens en ont pu former.

Ainsi les eaux ont agi sur une masse immense de matériaux, avec une force très-modérée. Ajoutons que ce matériaux ne venaient pas de loin, qu'ils n'ont pas été transportés au-delà d'un espace très-circonscrit, et qu'il ne s'est introduit, dans ceux qui ont pris la forme de sédimens, aucun sédiment de nature étrangère. Si les eaux eussent fait partie d'une grande inondation, les dépôts auraient un caractère moins local; ils renfermeraient des couches dont la matière serait fournie par le fond commun; il y aurait des glaises, des calcaires, des marnes, comme il s'en trouve, dit-on, entre les laves du Cantal, comme il paraît y en avoir entre les basaltes de Gergovia; et les débris du Mont-Dore occuperaient à leur tour un place notable dans les couches déposées à de grandes distances de sa base. Cette inondation eût-elle seulement été contiguë à celle dont la plaine de Limagne a conservé les traces, alors, sans doute, les courans de basalte, issus des Monts-Dores, auraient trouvé là un lit analogue à celui qu'ils venaient de quitter; car on ne se persuadera pas que des cendres mobiles et délayées fussent restées en arrière sur des pentes dont l'inclinaison suffisait pour déterminer l'écoulement de laves demi-fluides. Les ba-

saltes, cependant, quittent les tufs ponceux, déposés à leur point de départ, et atteignent jusqu'aux couches secondaires du bassin de l'Allier, après avoir traversé dans toute sa largeur une bande de granit nu qu'ils recouvrent immédiatement et sans autre interposition que celle de leurs scories ou de leurs wakkes. Donc le plateau de granit était à sec au moment où des sédimens se formaient au Mont-Dore, où des couches étaient déposées, soit au fond de la Limagne, soit sur les hauteurs du Cantal; donc l'action des eaux a été partielle, les stagnations ont été locales, et chacun de ces faits exige une explication séparée.

Ceci exclut toute idée de l'intervention de la mer, et la nature des dépôts ne concourt pas moins à l'éloigner. Ils n'ont rien de cette fermeté qui caractérise les sédimens et les aggrégations formées au sein du vieux Océan; rien qui ne soit d'une composition faible, d'un tissu lâche, d'une consistance friable; rien, en un mot, qui excède les petits moyens d'arrangement et de combinaison dont les eaux fluviales sont pourvues; moyens qu'elles ont pu déployer avec plus d'énergie à une époque où elles étaient sans doute plus abondantes et probablement douées d'une plus haute température. Enfin, le peu de place que les matières disposées en forme de sédimens, occupent entre les amas où l'on ne reconnaît pas le même caractère, donne la mesure exacte de l'alluvion, en détermine précisement le mode, et fait rentrer le phénomène dans l'ordre des choses qui se passe journellement sous nos yeux.

Qu'il y ait eu successivement et sur diverses points, des eaux stagnantes, des lacs, comme nous en voyons encore, c'est ce qu'il est raisonnable d'admettre, toutes les fois que

la consistance des brèches ponceuses suppose une immersion totale et de quelque durée; mais, pour concevoir la formation des dépôts, il n'est pas nécessaire d'imaginer des lacs partout, et même les faits le plus nombreux suggèrent plutôt l'idée du mouvement des eaux que celle de leur stagnation. Les pluies imbibaient les déjections pulvérulentes, les torrens en lavaient la superficie, chariaient et déposaient tour-à-tour ce qu'ils y rencontraient de parties mobiles; bientôt de nouvelles projections de pierres et de cendres couvraient leur ouvrage et leur offraient un nouveau lit où de nouveaux sédimens étaient formés, en attendant les éruptions qui devaient les ensevelir de même. Telle est l'histoire probable de la plupart de ces accumulations, et il faut convenir que la superposition plusieurs fois répétée, de minces sédimens façonnés par les eaux, d'épaisses assises consolidées par le seul tassement, de brèches liées par de simples infiltrations, de laves enfin qui ont coulé à sec, ne s'explique aussi naturellement dans aucune autre hypothèse.

§ V. Montagnes de Domite (1).

Le Puy-de-Dome, et quelques puys moins considérables mais de même nature, sont jetés comme au hazard sur la ligne des volcans modernes, et n'ont avec eux aucune ressemblance ni de figure, ni de composition. On les distingue de loin à leur couleur blanchâtre, à leurs contours arrondis. Étrangers à tout ce qui les environne, ils n'ont de rapport qu'avec les Monts-Dores; et, nonobstant l'intervalle qui les

(1) Voyez ci-après le nivellement détaillé, du n° 114 au n° 120.

en sépare, on serait conduit par l'analogie des roches à les ranger au nombre de leurs appendices.

La *Domite* (car c'est ainsi qu'on est convenu d'appeler la roche du Puy-de-Dome), la domite n'avait pas besoin d'être désignée par un nom particulier. En partant du *Klingstein*, on y arrive par des nuances insensibles : ce n'est qu'un *Klingstein* grenu; et sous cette nouvelle forme il a bien aussi ses variétés. La domite diffère d'une montagne à l'autre, et dans les diverses parties d'une seule et même montagne; tantôt terreuse et friable, tantôt compacte et dure, blanche, grise ou rougeâtre, renfermant tour-à-tour du feldspath cristallisé, des aiguilles de pyroxène et des lames de mica, des cristaux de fer oligiste, de fer titané, et de titane silicéo-calcaire, elle remonte par une autre suite de nuances, jusqu'à certaines laves porphyritiques des Monts-Dores, laves qui se trouvent précisément à la *Croix-Morand*, c'est-à-dire en face des Monts-Domes.

L'isolement de ces montagnes au milieu de la chaîne volcanique, n'est pas l'unique singularité qui ait exercé la sagacité des naturalistes. Elles ne semblent pas moins indépendantes l'une de l'autre que du système où elles sont fortuitement placées. On s'est épuisé en conjectures touchant leur origine, et une seule chose a été admise d'un commun accord, savoir qu'elles ont subi l'action du feu. Il eût été difficile de le contester quand on y voyait les cristaux de feldspath tantôt frités et tantôt vitreux, des filets ponceux, du mica bronzé, des parties bulleuses, des scories empâtées; quand certaines portions étaient imprégnées d'acide muriatique, d'autres enduites de soufre; quand on trouvait par-tout des sublimations ferrugineuses. Mais comment et jusqu'à quel

point le feu a-t-il agi? Là, autant d'opinions que d'observavateurs. Le Puy-de-Dome a été regardé d'abord comme un granit, puis comme un feldspath terreux, chauffé en place, et l'on a étendu cette supposition à toutes les montagnes de même sorte, non-obstant ce que chacune pouvait offrir de particulier dans sa composition et sa structure. Plus tard, on a pris en considération la forme de cloche qui distingue une couple de celles-ci, et comme elle rappelle l'aspect de quelques terrains soulevés par l'effort des volcans sous-marins, on n'a pas hésité de faire sortir *Cliersou* et le *Grand-Sarcouï* des entrailles de la terre. La supposition n'était pas inadmissible : mais on l'a étendue à son tour jusqu'au Puy-de-Dome, qui n'est point du tout figuré en cloche et qui ne l'a probablement jamais été, car il n'y aurait pas de raison pour qu'il eût perdu cette figure, tandis que les autres l'ont conservée. Les soulèvemens en masse ont été ensuite abandonnés pour faire place à la projection : ce ne seraient plus des montagnes repoussées tout entières des profondeurs du volcan, ou des portions du sol soulevées par les explosions souterraines ; on imagine une émission de matières broyées et ardentes qui retombent et s'agglutinent sur l'orifice d'où elles sont sorties. Cette idée, née d'abord à la vue de *Cliersou*, et habilement modifiée ensuite pour s'appliquer au Puy-Chopine et au Puy-de-Dome, a du moins le mérite de se plier sans beaucoup d'effort à toutes les diversités de leur composition et de leur figure. D'autres, enfin, rejetant également et les projections et les soulèvemens, se déclarent de nouveau pour la supposition primitive du granit transformé en place, mais substituent à l'action directe du feu, celle des vapeurs acides qui auraient pénétré cette roche d'outre en outre, et seraient

parvenues à l'altérer jusques dans ses moindres parties. Voilà le feu mis en œuvre de bien des manières, toutes plus ou moins imparfaites et détournées, quand l'analogie de la domite avec certaines laves des Monts-Dores devait naturellement suggérer l'idée de la fusion complète de celle-là. Je ne sais s'il était bien nécessaire de créer une physique d'exception pour quatre ou cinq montagnes semblables à tant d'autres; mais il suffit de l'incertitude où nous laissent les diverses hypothèses proposées par des savans très-distingués, pour nous avertir que le problème de l'origine du Puy-de-Dome n'est pas d'une solution facile.

Observons cependant que, malgré leur diversité, ces hypothèses partent en général du même point et procèdent à-peu-près de la même manière; qu'en s'accordant à former les différentes montagnes de domite par un procédé qui s'applique indistinctement à toutes, on ne s'accorde pas moins à les produire une à une par autant d'applications distinctes de ce même procédé; et que l'idée de cette production successive, également admise dans tous les systèmes, repose sur une supposition qui leur est pareillement commune : celle de l'indépendance mutuelle de ces montagnes et de l'isolement total de chacune.

C'est là ce qu'il convient d'examiner.

On compte quatre montagnes entièrement formées de domite, et une cinquième, le Puy-Chopine, où cette roche s'associe d'une manière bizarre au granit et aux laves basaltiques. Deux sont ceintes de segmens de cratères; toutes sont environnées de bouches à feu qui les serrent de près. Dans la supposition de l'indépendance respective des puys de domite, on est bien libre de faire sortir du sein de la

terre ce qui n'était pas dessus, et ce seront, si l'on veut, les volcans eux-mêmes qui auront poussé au-dehors ce qu'elle recelait dans ses entrailles. Mais, s'il se trouvait, au contraire, que ces mêmes montagnes fussent liées entre elles par les restes d'un terrain pareil et qui aurait une grande étendue, la question changerait de face et les volcans changeraient de rôle; au lieu d'avoir édifié, ils auraient détruit, et nos puys de domite ne seraient plus que les masures d'un vieil édifice où les feux souterrains auraient fait jouer la mine.

L'ingénieux auteur de l'*Essai sur la théorie des volcans d'Auvergne*, a, je crois, aperçu le premier que les puys dont il s'agit n'étaient pas les seuls monumens de la formation domitique; mais cette remarque n'a pas suffi pour le détourner de la route que lui traçait son système. Établissons donc les faits; car, quelles que soient les conséquences qu'on en tire, il est indispensable de les prendre désormais en considération dans toute hypothèse destinée à expliquer l'origine des puys formés de cette roche.

D'abord, le Puy-de-Dome ne part point d'une base aussi nettement circonscrite qu'on le croirait à la première vue; elle se prolonge beaucoup vers le sud et paraît servir de support aux puys volcaniques qui le suivent immédiatement: c'est au moins très-probable pour les trois volcans voisins, et manifeste pour le puy *des Gromanaux* dont le cratère s'est ouvert dans une couche épaisse de domite, où quinze à vingt dépressions indiquent autant de soupiraux subsidiaires. Si cette couche disparaît ensuite sous les scories, les laves, le gazon et le terrain cultivé, ce n'est pas une raison de croire qu'elle se termine ici, car toute la plaine adjacente est semée de ses débris, depuis la base du Puy-de-Dome jusqu'aux environs du Puy-de-la-Vache.

De même, le Grand-Sarcouï, quoique renfermé dans l'enceinte d'un immense cratère, si l'on en juge d'après le segment qui en reste, n'est pas une production tellement isolée qu'au dos même de ce cratère, et par conséquent hors de sa sphère d'activité, on ne rencontre une suite de protubérances superficielles qui paraissent être les saillies d'une couche de domite en grande partie recouverte par le sol végétal.

Un terrain de même sorte, et dont il est plus aisé de reconnaître l'étendue, occupe le vaste intervalle compris entre le Puy-Chopine et le Puy-de-Louchadière; on le découvre à travers toutes les écorchures du gazon, et la plaine est jonchée de ses fragmens. Son existence, dans un espace que les feux souterrains ont respecté, est un argument très-puissant en faveur de l'antériorité de la formation domitique.

Un autre argument se tire des menus débris de domite, répandus en prodigieuse quantité sur la plupart des montagnes de la chaîne volcanique. On a sans doute supposé qu'ils faisaient partie des déjections incohérentes lancées par le volcan où on les rencontre : un examen plus attentif ne permet pas de croire que la projection se soit opérée ainsi; c'est une dissémination purement superficielle et qui ne pénètre pas à l'intérieur des lits de scories, comme il serait arrivé si ces diverses matières avaient été rejetées ensemble. Les fragmens de domite ne sont donc pas sortis des bouches qui ont vomi les scories : ils procèdent d'une couche préexistante, que les éruptions successives ont fait voler en éclats; et ses débris ont été chaque fois lancés à la ronde sur les cônes élevés par les éruptions antérieures, comme les scories l'ont été à leur tour sur des montagnes de domite à qui elles ne sont pas moins étrangères.

J'ai indiqué de grands restes de cette couche : nul doute que des recherches bien dirigées n'en fissent découvrir bien d'autres, ou sous la terre végétale, ou sous les nappes de lave dont les cratères sont environnés ; et je crois, par exemple, qu'elle constitue la base de plusieurs petites montagnes très-gazonnées qui accompagnent le Puy-de-Dome au couchant. Mais il suffit de ce qui nous est connu pour être assurés que le terrain domitique n'avait pas moins de trois à quatre lieues de largeur, du nord au midi, c'est-à-dire plus qu'il n'y a de là aux Monts-Dores. Or, les Monts-Dores se présentent en face avec toute la supériorité de leur élévation relative, et semblent pousser vers les Monts-Domes celles de leurs laves qui ont le plus de ressemblance avec la domite. La distance n'excède pas quinze mille mètres : les basaltes en parcourent de bien plus grandes, à l'aide de différences de niveau qui sont dans les mêmes proportions. On s'attendrait donc à retrouver, sur tous les points de la plaine intermédiaire, les traces de la liaison des deux chaînes : mais cette plaine offre une dépression notable ; son sol est formé en entier de laves basaltiques, de débris, d'attérissemens ; et quand même il recélerait encore quelques lambeaux du terrain feldspathique, ils échapperaient à nos recherches, sous les couches redoublées qui les recouvrent.

Je ne sais, au reste, si l'on ne tirerait pas autant avantage de l'absence que de la présence des connexions qui nous manquent. Les puissantes coulées qu'on voit sur la pente orientale des Monts-Dores, s'arrêtent trop brusquement pour être là au terme de leur cours. Les brèches, les immenses amas de matières ponceuses, disparaissent trop subitement pour toucher à leurs limites primitives ; l'enfoncement de la plaine

est trop peu préparé, le terrain manque trop vîte aux épaisses laves de la Croix-Morand, pour ne pas donner lieu de présumer qu'il y a eu suppression accidentelle et violente d'une partie de ces laves et de ces terrains. Cette suppression, après tout, ne serait qu'une des conséquences probables du grand événement qui a par-tout entamé l'ancien sol et interrompu la continuité des anciennes coulées; et le lambeau de lave feldspathique, dont le Puy-de-Dome fait partie, peut avoir été isolé comme l'ont été les plateaux et les cônes de basalte que le même accident a privés de leurs attaches respectives.

Que l'on se figure maintenant cette île de domite, délaissée sur le foyer où couvait un nouvel incendie, et tout-à-coup livrée aux détonnations de cinquante bouches à feu qui l'assiègent de toutes parts! Les volcans actuellement brûlans ne présentent rien de semblable, et l'on sait en Calabre, au Mexique, ce qu'ils sont capables de faire. Il n'en faut pas tant pour expliquer les bouleversemens, les dispersions, le soulèvement de certaines parties, l'affaissement de plusieurs, et quelques rochers demeurés debout en témoignage de la destruction des autres.

De pareilles conjectures ne sont certainement pas à l'abri des objections. Si l'hypothèse des soulèvemens partiels ou des transformations en place est trop étroite pour embrasser la totalité des faits qu'il s'agit d'expliquer, celle qui rattache le Puy-de-Dome aux Monts-Dores est au contraire d'une étendue qui semble excéder la mesure de son objet. On rétrécira le cadre si l'on veut, et rien n'empêche de voir dans les montagnes de domite, le reste d'un petit système distinct, et tout aussi indépendant des Monts-Dores que ceux-là le sont du Mézen ou du Cantal. Mais de quelque manière

que l'on modifie l'idée fondamentale, toujours sera-t-il plus raisonnable de regarder la roche du Puy-de-Dome comme une lave, que d'en faire une thermantide; car, pour concevoir cette dernière sous une pareille forme, il faut se créer un modèle de pure invention, tandis que nous avons le type de l'autre dans des laves bien caractérisées. D'ailleurs, la meilleure explication du phénomène particulier sera toujours celle qui s'écartera le moins des principes admis pour l'explication du phénomène général. La nature ne procède guères par exceptions, et fait rarement les détails autrement que l'ensemble : nous mettrons certainement les probabilités de notre côté en concluant du tout à la partie, et en nous réduisant à l'emploi de forces dont la valeur est constatée par le plus grand nombre d'exemples.

§ 6. Volcans modernes (1).

Du moment où les volcans éteints de l'Auvergne ont attiré l'attention des naturalistes, on les a distingués en *anciens* et *modernes*. La justesse d'une pareille distinction ne saurait être contestée : elle est l'expression d'un fait évident, et n'a rien ni d'hypothétique ni d'arbitraire, quand on emploie les mots dans leur acception naturelle et directe, sans y mêler des considérations tirées de la composition des laves, considérations totalement étrangères à l'idée toute simple d'une succession chronologique.

Nous appelons donc *anciens*, les volcans dont les laves ont coulé dans des vallées anciennes, quelle que soit d'ail-

(1) Voyez le nivellement détaillé ci-après, du n° 121 au n° 181.

leurs la nature de ces laves. Des révolutions subséquentes ont interverti ces premières dispositions. Une grande partie de l'appareil volcanique a disparu avec le sol qui le portait, et la situation relative de ce qui en reste a changé par suite des changemens survenus dans le dessin et le relief des terrains.

De ces changemens, le plus considérable est le creusement de nouvelles vallées où sont descendues les laves vomies par de nouvelles bouches ; voilà ce que nous appelons *volcans modernes*, avec d'autant plus de raison que ce dernier appareil s'est conservé jusqu'à nos jours dans son intégrité. Les cratères, les laves, les vallées qui les ont reçues, tout subsiste sous sa forme originaire ; et les traces de la vétusté se bornent à ces altérations légères dont les progrès sont devenus aussi lents que réguliers, depuis le moment où la nature a tempéré l'énergie de ses moyens pour se réduire à l'emploi de forces modérées.

Ainsi la chronologie de nos volcans éteints comprend non-seulement une succession de faits, mais un changement d'état : elle se divise en deux périodes indépendantes quoique consécutives. Nulle transition de l'une à l'autre, si ce n'est l'événement même qui a rompu le fil des transitions. Nous ne connaissons point de volcan d'âge intermédiaire ; et la nature, en continuant d'agir sur des matières semblables, avec des moyens peu différens, n'en a pas moins distingué les produits des deux époques aussi nettement que les époques elles-mêmes.

Il s'en faut beaucoup qu'elle distingue ainsi les âges d'une même période ; et les monumens de la nôtre ont tous un air de jeunesse où il n'est pas aisé de discerner les nuances qui

marquent la diversité des temps. Personne ne doutera que nous n'ayons le droit d'appeler modernes, des volcans certainement très-modernes eu égard à ceux de l'époque antérieure ; mais ils peuvent être fort anciens en comparaison des volcans qui brûlent aujourd'hui, sans que l'antériorité se fasse reconnaître à des signes bien évidens. La merveilleuse conservation de plusieurs d'entre eux en impose. A voir certains cratères, la fraîcheur de leurs scories, la nudité de leurs courans de laves, il semble que ces foyers viennent de s'éteindre et sont prêts à se rallumer. On consulte les historiens, les chroniques, les chartes de tous les âges, et l'on s'étonne de ne pas rencontrer la date d'événemens aussi considérables dans cette longue suite de documens où les choses les plus indifférentes ont trouvé place. Dès les premiers temps, la mémoire s'en était perdue : Grégoire de Tours connaissait parfaitement l'Auvergne, et ne dit pas un mot de ses volcans, lui, qui n'a jamais refusé créance à une tradition populaire. Cent ans auparavant, Sidoine Apollinaire vivait sur les lieux ; il ne recueille rien de la bouche des habitans, et décrit sa maison de campagne sans se douter qu'il y laboure un sol volcanique. César se tait. Tacite garde le même silence. Pline seul s'explique ; mais c'est pour féliciter les Gaules d'être exemptes de la fureur des feux souterrains. L'incendie a donc devancé de beaucoup les vingt siècles de notre histoire : cependant les apparences préviennent tellement le jugement, que de fort bons esprits résistent encore à la conviction. Au défaut d'autorités, on se contente d'inductions. Nous avons vu prendre à témoin jusqu'aux noms de ces montagnes, pour établir qu'elles ont brûlé de mémoire d'homme ; mettre à contribution jusqu'aux racines du

celte et du latin, pour en tirer quelque chose qui se rapporte au phénomène des éruptions, et croire de bonne-foi que des consonnances de syllabes, où l'on trouve ce qu'on veut, peuvent nous tenir lieu des traditions qui nous manquent.

Des réflexions plus solides dissipent toutes ces illusions. Autant il est certain que les éruptions sont postérieures aux derniers changemens opérés à la surface de la terre, autant il est vraisemblable qu'elles ont suivi ces changemens de très-près, et sont au nombre des événemens qui signalèrent le commencement du nouvel ordre de choses. Il est même permis de douter que l'homme ait assisté à ce grand spectacle. Si la proximité des mers était alors, comme elle paraît être aujourd'hui, une condition nécessaire à l'activité des volcans, on ne peut concevoir la déflagration de ceux-ci sans supposer la submersion presque totale de notre continent actuel; l'espace où ils ont brûlé était une île embrasée par les feux souterrains, et l'on ne voit pas là des circonstances bien favorables au développement et à la propagation de notre espèce. Plusieurs laves ont été fouillées; des érosions accidentelles ont mis à découvert le lit de quelques autres; on exploite depuis long-temps des couches de pozzolane, et elles sont entamées jusqu'à leur base : nulle part on n'a rencontré des vestiges d'habitations, des fragmens d'ustensiles, des monumens de l'industrie, comme nous en trouvons aux lieux où les volcans brûlent en présence des hommes réunis en société. Telle est même la nudité du sol, qu'à peine le roc est revêtu de terre, et l'on douterait que ce peu de terre ait suffi à la végétation, si l'on n'apercevait çà-et-là les débris charbonnés de quelques arbrisseaux. Tout annonce un sol neuf et mal reposé encore des secousses du dernier cataclysme. Si à

cette époque notre espèce commençait d'exister, ou si elle s'était conservée dans quelques lieux privilégiés, il n'y a guère apparence qu'elle ait pénétré dès-lors jusqu'à un coin de terre d'où les plus redoutables phénomènes conspiraient à la repousser; et, dussions-nous admettre qu'elle s'y fût établie, les hommes étaient là dans l'état de dispersion et d'avilissement qui précède la formation des sociétés, et que prolongent les fléaux de la nature. Voilà ce que persuade l'aspect des lieux; voilà ce que confirme le silence absolu de l'histoire et des traditions; car on n'appellera pas traditions, de frivoles étymologies, puisées pour la plupart dans une langue qu'on ne parlait pas encore au temps où déja ces montagnes ne brûlaient plus.

Il suffit de considérer nos volcans éteints pour reconnaître, dans leur disposition, quelque chose d'inusité; dans leurs déjections, je ne sais quoi de particulier; dans leur nombre, le développement de puissances que la nature n'excerce plus de cette manière; dans leur ensemble, un caractère qu'elle n'imprime plus à ses ouvrages.

Les éruptions de l'époque antérieure leur ont en quelque sorte tracé le chemin; ils ont éclaté de toutes parts entre les lambeaux des basaltes et des laves feldspatiques, embrassent le Puy-de-Dome et les Monts-Dores, le Mézen et le Cantal, se montrent par-tout, depuis la frontière du département de l'Allier jusqu'aux confins de celui de l'Ardèche, et forment ça-et-là des chaînes continues, dont la principale a près de quarante lieues de longueur. Celle-ci naît à la partie septentrionale du départemeut du Puy-de-Dome, le partage dans toute son étendue, et traverse celui du Cantal en suivant une direction voisine de celle de la méridienne. Elle se compose, dans le

seul département du Puy-de-Dome, d'environ soixante-dix montagnes, où l'on reconnaît encore une cinquantaine de cratères, dont plusieurs d'une conservation parfaite.

Deux choses méritent d'être remarquées : la multiplicité des bouches, et leur arrangement en séries continues. Les volcans actuellement agissans en Europe, ne présentent rien de semblable, ou n'ont entre eux que des rapports très-éloignés et des connexions fort obscures. Ils sont séparés l'un de l'autre par de grands intervalles, et brûlent solitaires au milieu des déjections qu'accumulent leurs éruptions répétées. Ici, au contraire, chaque éruption s'est frayé une issue distincte, et il est rare qu'un même cratère ait fourni plus d'une ou deux laves ; mais ces cratères se succèdent sans interruption et se rangent à la file sur des lignes parallèles, formant ensemble une large bande où les directions partielles sont conformes à la direction générale. Dans les volcans qui brûlent aujourd'hui, on se figure un foyer circonscrit qui fournit aux éruptions successives en creusant à la ronde et s'approfondissant toujours. Dans nos volcans éteints, on est fondé à supposer une traînée superficielle et horizontalement prolongée, où le feu a gagné de proche en proche, et marqué sa marche par des éruptions progressives. Ce qui s'accumule ailleurs autour d'un centre, se distribue ici le long d'une ligne, d'où il arrive que les déjections dispersées de nos cratères représentent dans leur ensemble les produits amoncelés des autres volcans. Elles sont variées de la même manière, et l'on voit se succéder immédiatement des coulées très-diverses d'aspect et de composition, les unes presqu'entièrement scoriacées, les autres plus ou moins denses et lithoïdes : la lave est tantôt homogène et tantôt

mélangée, souvent basaltoïde, et alors accompagnée de pyroxène et de péridot; quelquefois porphyrique à raison des cristaux de feldspath qui y sont abondamment répandus; ailleurs, chargée de cette substance au point d'en prendre l'aspect et les propriétés. Mais il est rare que le caractère dominant d'une lave ne se représente pas dans un certain nombre de coulées voisines; presque toujours plusieurs cratères, quoique distincts, ont puisé au même fond; et la chaîne, considérée sous ce point de vue, se divise en groupes dont chacun constitue réellement un seul volcan polystôme.

Une circonstance encore est digne de remarque, savoir la diversité de l'état des laves en ce qui concerne leur conservation. Telle coulée demeure saine, intacte, hérissée de toutes ses aspérités; telle autre s'enfouit et se consume sous une couche épaisse de terre végétale. De deux choses l'une : ou bien il s'est écoulé entre les éruptions plus de temps qu'il ne semble, ou bien ces dernières laves portaient en elles-mêmes le principe d'une dissolution prochaine. Des recherches convenablement dirigées établiraient peut-être la chronologie de ces laves, mais je doute qu'on reconnût un rapport bien constant entre les degrés de leur conservation et ceux de leur ancienneté. Aucune n'a moins de deux mille ans. Lorsque deux mille ans n'ont pas suffi pour imprimer le sceau de la vétusté aux coulées qui gardent l'apparence d'une production récente, l'imagination s'effraie de l'antiquité qu'il faudrait attribuer à celles que nous voyons se réduire en poudre; et la difficulté d'accorder l'idée de cette antiquité relative avec les faits qui paraissent la contrarier, avertit de chercher ailleurs l'explication du phénomène.

Au reste, tout ce qu'on peut espérer d'établir, c'est l'ordre

des éruptions et la proportion de leurs intervalles, sans qu'on en doive rien inférer ni sur l'espace que cette série d'événemens a occupé dans les temps anciens, ni sur la distance de ces temps aux nôtres. On a plus d'une fois essayé de trouver dans les monumens de la nature, un supplément à nos courtes annales; et, selon le système que l'on avait adopté, on a pu choisir à son gré de quoi prouver ou la vieillesse ou la jeunesse du monde. C'était pourtant assez des siècles historiques pour nous apprendre que la succession des événemens physiques et moraux ne se règle point sur la marche uniforme du temps, et ne saurait par conséquent en donner la mesure. Nous voyons derrière nous une suite de créations et de destructions, constatées par la composition et l'arrangement des couches dont la croûte de la terre est formée. Elle font naître l'idée d'autant d'époques distinctes; mais ces époques, si fécondes en événemens, peuvent avoir été fort courtes, eu égard au nombre et à l'importance des résultats. Entre les créations et les destructions, au contraire, nous ne voyons rien, quelle que puisse être l'immensité des intervalles, car l'état de calme et de conservation n'est que l'absence d'accidens et le passage insensible d'un événement à l'autre. Nous jouissons de l'un de ces intervalles, et le temps qui nous entraîne si vîte, effleure à peine le séjour que la dernière révolution nous a préparé. Ce qui a précédé la période actuelle, voilà le passé de notre planète : ce que cette même période embrasse, demeure arrêté au présent dans les annales de la nature. Les hommes inscrivent, en passant, quelques dates sur cette page immobile; mais au-delà de nos traditions, mais du moment où les témoignages nous abandonnent, tout se perd également dans le vague d'une antiquité

indéterminée; et les degrés d'ancienneté n'ont plus de valeur appréciable, parce que la succession des phénomènes n'a plus d'échelle qui se rapporte à la division du temps.

TROISIÈME PARTIE.

Nivellement détaillé.

§ I. Granit des monts-dores (1).

A. *Au nord du Puy-de-Sancy.*

	Élév. absolue en mètres.
1. Roche *de la Bourboule*, à sa base, dans le hameau de ce nom (n° 99).....	852
A son sommet principal ou postérieur.....	951
2. Roche *derrière la Grange*, entre la Bourboule, (n° 99), et Murat-le-Quayre, (n° 97).....	969
3. Bancs de granit, au-dessous de Murat-le-Quayre, à l'ouest.....	997
4. Chateau-des-Escures, entre Murat-le-Quayre et Saint-Sauve, (n° 100), au pied de la Tour....	951

La Roche de la Bourboule, celle dite derrière la Grange, et les bancs que l'on observe au-dessous de Murat, font partie d'une seule et même crête disposée transversalement à la vallée de la Dordogne. C'est le lieu le plus voisin du centre des Monts-Dores où le granit soit à découvert. Mais à partir de la Bourboule, il se montre de toutes parts en monticules séparés. Le château ruiné des Escures est situé sur l'un d'eux, et dominé du côté de l'orient par de vastes coulées basaltiques. Voyez le n° 56.

(1) Voyez ci-dessus, considérations générales, page 11.

B. *A l'orient du Puy-de-Sancy.*

Élév. absolue en mètres.

5. Laguièze, hameau sur la route des bains du Mont-Dore à *Murol,* (n° 30 et 152)..... 1132
6. Le Chambon, village à la tête du lac de ce nom... 894
7. Lac du Chambon..... 881

Le village de *Laguièze* est le lieu où finit un long plateau de porphyre dont l'origine se trouve entre le *Roc-de-Cuzau*, n° 22, et le *Puy-de-Langle*, n° 30. Ici paraît le granit. La vallée du Chambon est creusée en entier dans cette roche, et les bords du lac offrent une variété infinie de granits veinés et de roches comprises dans la formation des gneiss. Mais du côté du nord, le lac est environné de basaltes, de blocs de brèche et de laves qui en forment la digue, et c'est à travers ces déjections volcaniques anciennes et modernes, que s'est creusé le canal de décharge. Voyez *Dent du Marais*, n° 107, et *Tartaret*, n° 153.

C. *A l'occident du Puy-de-Sancy.*

8. Granit à l'orient de Chastreix (n° 73) sur le chemin de Veysseire, (n° 112)..... 1043

Le granit ne se montre ici que sur un seul point, très-voisin du village. Il est peu saillant et se dégage à peine des amas de brèche volcanique qui couvrent le fond de la vallée de Chastreix.

§ II. Terrain porphyritique (1).

A. *Sommités centrales.*

9. Puy-de-Sancy, vulgairement *Puy-de-la-Croix,* sommet des Monts-Dores..... 1895
Chemin du Mont-Dore au Cantal. Point culminant entre le Puy-de-Sancy et le Puy-Ferrand..... 1793

(1) Voyez ci-dessus, Considérations générales, page 13.

Élév. absolue en mètres.

10. Puy-Ferrand, à son extrémité orientale..... 1863
Prolongement méridional..... 1840
11. Pan-de-la-grange, au nord du Puy-Ferrand.... 1785
12. Puy-de-l'Aiguillier, ou *des Aiguilles*, au-dessus du vallon d'Enfer, (n° 89)..... 1849
(Voyez n° 36, une autre montagne de même nom).

Ces quatre montagnes n'en constituent réellement qu'une seule, terminée par la pyramide du Puy-de-Sancy. Le *Puy-Ferrand* semble servir de socle à celui-là, non-osbtant la légère coupure qui l'en sépare. C'est un immense plateau dirigé du couchant au levant et jetant une branche du côté du midi.

Le *Pan-de-la-Grange* est un autre plateau parallèle à celui du Puy-Ferrand et partant de la même base.

Enfin, le Puy-de-*l'Aiguillier* n'est autre chose que la bordure septentrionale de l'épais massif d'où ces divers sommets procèdent. Il se compose d'une suite d'aiguilles qui dominent immédiatement la vallée d'Enfer, et se termine au couchant par une cime arrondie, d'accès très-difficile.

Tout est porphyre ici, avec intercalation de brèches volcaniques. Celles-ci composent presque en entier les *aiguilles*, et l'on y trouve peu de porphyre compacte. On aperçoit encore les brèches sur la pente septentrionale du Puy-Ferrand, et même très-près de son sommet. Son plateau paraît formé de plusieurs coulées entre-croisées, et l'on y remarque un grand nombre de porphyres divers. La pâte de quelques-uns présente des filets ponceux. Dans plusieurs, les cristaux de feldspath sont frités. Au revers du Puy, sur le chemin de Vassivieres, on rencontre des porphyres tabulaires qui paraissent constituer la partie inférieure d'une coulée, et qui renferment des cristaux d'une grandeur et d'une régularité remarquable.

Au *Pan-de-la-Grange*, il y a beaucoup de masses bulleuses et des scories éparses. Au *Puy-de-Sancy*, au contraire, le porphyre est généralement compacte, sans bulles, et, sur la face orientale de la montagne, il forme de beaux faisceaux de prismes.

B. *Au sud du Puy-de-Sancy.*

13. Puy-Gros. (Voyez ci-après n° 41, une autre montagne de ce nom)..... 1804

Élév. absolue en mètres.

14. Puy-Pailharet, montagne isolée sur la route de Vassivières, n° 81..... 1752

Le *Puy-Gros* est lié au Puy-de-Sancy par une longue arête hérissée de rochers. Il forme la tête de la vallée de Chastreix, n° 73. Le porphyre de sa cime est comme carié et tombe en décomposition.

Le *Puy-Pailharet* se présente entièrement isolé, au midi du précédent et au-dessus de *Vassivières*. C'est un plateau déprimé vers son milieu et en forme de selle. Le grand éboulement qui se voit sur sa face orientale offre pêle-mêle des quartiers de porphyre gris et de porphyre rouge. Le premier prend toujours cette dernière couleur au voisinage des parties scorifiées. Il en est de même au Puy-de-*Chabano* ci-dessous, n° 26. Parmi les blocs que l'on trouve ici entassés, il y a beaucoup de masses bulleuses, et des scories rouges très-légères.

C. *Au nord du Puy-de-Sancy.*

a. *Prolongement partant du Puy-de-l'Aiguillier*, n° 12.

15. Puy-de-la-Grange, à la tête de la vallée d'Enfer, (n° 89) et du vallon *de la Cour* (n° 26, en note). 1789
16. Puy-du-Cliergue..... 1710
17. Plateau de Bozat..... 1515
Chemin du Mont-Dore à la Tour. Point culminant entre le plateau de Bozat et le Puy-du-Cliergue. 1485
18. Plaine de Chamablanc, à son extrémité septentrionale..... 1257
Partie intermédiaire, aux *Burons*..... 1177
Partie méridionale sur le chemin du Mont-Dore à la Tour, par *Vandeix* (n° 110). 1200

Le *Puy-de-la-Grange*, qu'il ne faut pas confondre avec le *Pan-de-la-Grange*, n° 11, est un sommet pyramidal, placé au nord du Puy-de-l'Aiguillier. Il domine à-la-fois le vallon d'Enfer et celui *de la Cour*, qui descendent l'un et l'autre de sa face orientale, séparés dans toute leur longueur par une arête attenante à sa base, et que l'on nomme *les Fernes*. Voyez n° 89.

Le Puy-du-*Cliergue* le suit dans la direction du sud au nord. C'est un plateau sur le flanc duquel on remarque un rocher saillant, connu sous le nom de *Nâ-de-Berlan.* Ce plateau va en s'abaissant vers le nord. Le plan d'inclinaison est tel, qu'en le supposant prolongé au sud, il raserait tous les sommets jusques et compris celui du Puy-de-Sancy, et que, prolongé au nord, il se continuerait dans le plateau de Bozat, qui semble en être la continuation, non-obstant l'interruption effectuée par le col où passe le chemin de la Tour.

La plaine de *Chamablanc*, qui est une montagne et non une plaine, succède au plateau de Bozat dans la même direction, mais non dans le même plan d'inclinaison, et l'on descend brusquement de l'un à l'autre.

Il y a, dans le Puy-de-la-Grange, des porphyres de diverses sortes, sans qu'il soit possible de s'assurer s'ils appartiennent à des coulées différentes ; et ils paraissent se succéder, comme au Puy-Ferrand, avec le désordre qui caractérise la proximité d'un centre d'éruption. Au *Cliergue*, on distingue au contraire de grandes assises que séparent des *détritus* ponceux. Chaque assise paraît d'un porphyre différent. L'une d'elles fournit la pierre à bâtir employée au Mont-Dore. Elle est d'un gris bleuâtre, finement persillée, renferme peu de cristaux visibles, et noircit à l'air comme la pierre de Volvic, avec qui elle n'est pas sans analogie. Quelques-unes de ces assises ont peut-être fourni aussi les fragmens de porphyre prismatique à base d'obsidienne, qu'on trouve épars sur les bords de la Dordogne et même dans la vallée d'Enfer.

Au plateau de Bozat, le porphyre contient des cristaux de feldspath frités et qui ont jusqu'à un décimètre de long. Tous les abords du plateau sont jonchés de blocs poreux et cellulaires. A *Chamablanc*, on n'aperçoit le porphyre qu'en blocs détachés. La surface du plateau est couverte de gazon et de bois ; ses flancs sont revêtus de tufs, de brèches, et de basalte.

b. *Autre prolongement parallèle au précédent, et formant la rive gauche de la Dordogne.*

Élév. absolue en mètres.

19. Rocher-du-Capucin, en face des bains du Mont-Dore..... 1479

20. Plateau de Rigolet. — *Rigolet-haut,* hameau, à la grange la plus élevée..... 1182

Rigolet-bas, village, à la croix.... 1071

Le rocher-du-Capucin est formé de porphyre obscurément prismatique, et doit son nom à l'un de ses prismes qui se présente de loin sous la figure d'un moine encapuchonné. Le plateau de *Rigolet* part de sa base et descend rapidement d'un degré, au bas duquel le hameau de *Rigolet - haut* est placé. Puis, il descend d'un autre degré et forme une petite plaine dont le village de *Rigolet - bas* occupe la partie la plus unie et la plus fertile. On rencontre sur ce plateau beaucoup de porphyre bulleux ; ses côtés et sur-tout celui du couchant, sont flanqués de basaltes, et l'on en trouve même une couche sur sa croupe, au-dessus de la fontaine du village. Voyez n° 44.

c. *Autre prolongement septentrional, formant la rive droite de la Dordogne.*

	Élév absolue en mètres.
21. Cacadogne ; au nord du Puy-Ferrand, n° 10....	1806
22. Roc-de-Cuzau, ou *Cugéou*, (appelé Roc-des-*Cousins*, par M. de Bûch, journal des Mines).....	1745
23. Plateau de la Durbise, à l'éboulement nommé l'*Escorchade*.....	1470
24. Plateau de Langle, au point d'où part la cascade du Mont-Dore.....	1330
Hauteur de la chûte d'eau, 49 mètres.	
25. Bains du Mont-Dore, sur la place des Bains, à l'angle NE de cette place.....	1052
Au seuil de la fontaine de la Madeleine..	1047

Au sommet de *Cacadogne*, on ne rencontre que porphyre bulleux : c'est le chapeau de la coulée. L'escarpement du nord, que l'on cotoye en montant au Puy-de-Sancy, est formé de prismes diversement inclinés et se divisant en dalles. C'est un porphyre intermédiaire entre le klingstein et la domite. Il contient, outre le pyroxène, de l'amphibole en petits grains et du mica bronzé. On voit clairement, du côté du nord, ces prismes recouverts d'une couche épaisse de scories rouges, et l'on trouve le sentier jonché de scories tantôt rouges, tantôt grises, souvent très-légères. J'en ai recueilli une en larme.

Le roc-de-*Cuzau* est un composé de divers porphyres et basaltes porphyriques ou sains ou scorifiés, qui paraissent former une brèche et faire partie des déjections irrégulières qui se montrent à-peu-près à la même hauteur dans le Puy-de-l'Aiguillier, n° 12, et vers la cascade de la Dogne, n° 87. Entre *Cuzau* et Cacadogne est un énorme ravin, où l'on voit des coulées régulières intercalées de matières pulvérulentes et de brèches. De-là part le long plateau qui domine immédiatement le village des Bains. Il a deux étages. Le premier est le prolongement septentrional du Roc-de-Cuzau : on l'appele *la Durbise*. Un immense éboulement que les gens du pays nomment l'*Escorchade*, montre la structure du plateau et la superposition des assises qui le composent. Bientôt il s'abaisse d'un degré, et prend alors le nom de *Plateau de Langle*. La belle chûte d'eau qu'on y remarque au voisinage des Bains, est la *cascade* du Mont-Dore, mal-à-propos appelée cascade de la Dogne dans la carte de Desmarets, et par ceux qui ont suivi sa nomenclature. La hauteur de cette cascade est égale à l'épaisseur de la couche de porphyre d'où elle tombe. On voit le dessous de la coulée. Le porphyre y est souvent bulleux et contient même des fragmens de scories. Il se décompose et se résout en sable, où l'on trouve une multitude de cristaux mâclés de feldspath devenus libres, la plupart ternes, tous fendillés, friables et manifestement frités. Le dessus de la coulée montre du porphyre bulleux en feuillets inclinés et souvent ondés. Tout le monde connaît les belles lames de fer oligiste qu'on trouve dans des cavités voisines.

Le village des Bains est bâti, en grande partie, sur les couches ponceuses du fond de la vallée, mais il s'appuie contre une superbe coulée de klingstein en prismes réguliers. On les voit derrière le bain de César. Ce bain est regardé comme une structure romaine, et le village possède encore de beaux restes d'un édifice probablement religieux, qui date certainement des premiers siècles de notre ère. Ils sont décrits et dessinés dans l'ouvrage que le docteur Bertrand a publié en 1810, sur les eaux du Mont-Dore.

D. *Embranchement occidental, partant de l'intervalle qui sépare le Puy-de-la-Grange du Cliergue.*

Élév. absolue en mètres.

26. Puy-de-Chabano, ou *Cabano*, entre le Puy-de-la Grange (n° 15), et le Puy-de-Cliergue (n° 16).. 1755

Élév. absolue en mètres.

27. Puy-de-Clujade, voisin du précédent, à l'ouest.. 1741
28. Puy-de-Pouge, à la suite du Puy-de-Clujade, dans la même direction..... 1596

Roc-de-Courlande. Voyez ci-après dans la section des basaltes, au n° 78.

Le Puy-de-*Chabano* domine le vallon de la *Cour*. C'est un rocher carrément coupé et dressé en forme de cheminée. Le Puy-de-*Clujade* lui est immédiatement contigu, et de là part une longue arête, qui va séparer la vallée de Chastreix, de celle de la Tour. Cette arête est d'abord porphyritique et ensuite basaltique. Le porphyre perd la prédominance après le Puy-de-*Pouge*, et finit au *Roc-de-Courlande* dont il constitue la base. Là il est disposé, comme au Puy-Ferrand, en grandes tables d'un tissu lâche et renfermant des cristaux d'une grandeur remarquable. Tout le revers septentrional des Puys de Pouge et de Clujade, est jonché de blocs de porphyre cellulaire et bulleux.

Mais l'objet le plus digne d'attention est le Puy-de-Chabano lui-même et le vallon qu'il domine. Nulle part, la volcanicité des porphyres n'est aussi évidente. A la cime du rocher le porphyre est sain, parfaitement compacte, et d'un gris bleuâtre. Il devient rouge-lie-de-vin en approchant de la base, commence à montrer des bulles, et le mica y prend un éclat bronzé. Plus bas les indices de fusion sont manifestes : on voit la lave coulante et la torsion de ses ondes. Le tout repose sur des scories partie adhérentes et partie libres. Elles sont d'un rouge tendre, mais se décolorent à l'air, et finissent par se résoudre en une terre blanche remplie de filets ponceux. Ceci jette le plus grand jour sur l'origine de certains lits de matières pulvérulentes qui séparent l'une de l'autre les coulées de porphyre immédiatement superposées.

Le *Vallon de la Cour* présente des transitions pareilles, avec des circonstances bien plus singulières. Ce sont des pans de murailles verticalement dressés et de peu d'épaisseur, construits de prismes horizontalement couchés. Il semble voir des restes de structures cyclopéennes. Une de ces murailles se trouve précisément au-dessous du Puy-de-Chabano. Les prismes qui la composent sont du même porphyre, libres sur une des faces de la muraille, agglutinés entre eux sur la face opposée; là, d'une couleur bleuâtre et d'une texture compacte ; ici, noirâtres, bulleux, scorifiés et

à l'état de lave. D'autres murailles de même sorte se montrent sur différens points de la vallée, et se correspondent de manière à donner l'idée d'une vaste enceinte dont elles seraient les débris, et qui semblerait avoir fait partie d'un immense cratère. Peut-être, au reste, n'est-ce que des portions de filons mises à découvert par la chûte de leurs parois.

La cloison qui sépare le vallon de la Cour du vallon d'Enfer, est aussi très-remarquable par les beaux faisceaux de prismes couchés, redressés et divergens en éventail, qu'elle présente du côté qui regarde le premier de ces vallons, tandis qu'elle est entièrement formée de brèches du côté des *Fernes*. Voyez ci-après, n°. 89.

E. *Côté oriental; circuit des bassins de la Croix-Morand, et de Guéry.*

Élév. absolue en mètres.

29. Puy-de-Mareilh, immédiatement au-dessus des bains du Mont-Dore..... 1572

30. Puy-de-Langle, au-dessus et à la suite du précédent. 1750

Chemin du Mont-Dore à Besse. Point culminant entre le Puy-de-Langle et le Roc-de-Cuzau, n° 22..... 1460

Bornes de Laguièze et Mounaux, au bloc qui se trouve à l'embranchement des deux sentiers... 1244

Laguièze, village, au point où finit le plateau des bornes et où reparaît le granit. Voy. ci-dessus, n° 5..... 1132

Le plateau *des Bornes* commence entre le Puy-de-Langle et le roc-de Cuzau, et finit à Laguièze.

31. Puy-de-Hautechaux, prolongement septentrional du Puy-de-Langle..... 1713

32. Puy-Trigou ou Puy-de-Mône, appelé aussi Puy-*du-Barbier*..... 1703

Il se rattache d'un côté au Puy-de-Hautechaux, de l'autre à *Pierre Picade*,

Le nom de Puy du Barbier lui vient de ce qu'il domine la montagne et le pâturage de ce nom. Voy. ci-dessous, n° 103.

Élév. absolue en mètres

33. Pierre Picade ; l'un des sommets du Puy de la Tache, qui suit..... 1617

Il fait la liaison entre le Puy Trigou et le Puy de la Tache, proprement dit.

34. Puy de la Tache. Sommet du milieu..... 1641
Sommet inférieur, septentrional. Voy. ci-après, n° 66.
Chemin du Mont-Dore à Murol et Besse, au col qui sépare le Puy de la Tache du Puy Poulet..... 1410
Cabanes ou *Burons* de la Croix-Morand, le long du chemin..... 1400
Puy Poulet, ou Puy *de la Croix-Morand.* Voyez ci-après, n° 65.
35. Puy Baladou, ou *Puy Plat,* large plateau à la suite du Puy Poulet..... 1464
Chemin de Champeix et d'Issoire, au col qui sépare le Puy Poulet du Puy Baladou..... 1419
36. Puy de l'Aiguillier. (Voyez n° 12 une autre montagne de ce nom)..... 1535
Chemin du Mont-Dore à Clermont, au col qui sépare le Puy Baladou du Puy de l'Aiguillier.... 1438
Pessade, village sur le chemin de Clermont; au four banal..... 1193
37. Chuque de l'Aiguillier, attenante au Puy de l'Aiguillier du côté du couchant..... 1492

C'est une petite montagne conique, placée entre les deux bassins de la Croix-Morand et de Guéry.

Élév. absolue en mètres.

38. Puy de Loueïre, au nord et à la suite du Puy de l'Aiguillier..... 1519

Chemin d'Orcival, au col qui sépare le Puy de Loueïre du Puy de l'Aiguillier..... 1445

39. Roche Sanadoire. Dépendance du Puy de Loueïre. 1298

Le roc de *la Tuillière*, placé à l'opposite, est un peu plus élevé.

40. Puy Trioulérou, isolé entre les deux bassins de la Croix-Morand et de Guéry..... 1409

Puy de Vivanson. Voyez ci-après, n° 59.

Banne d'Ordenche. Voyez n° 58.

41. Puy gros, au nord des bains du Mont-Dore. (Voy. n° 13, une autre montagne de ce nom)..... 1496

Legal, hameau en face des bains; entre les deux granges supérieures..... 1036

Laqueille, village sur la grande route de Clermont; entre le château et l'église..... 1021

Le village de Laqueille est à l'extrémité d'un plateau porphyritique, qui remonte vers les bases de la Banne d'Ordenche. Il y a du basalte au voisinage. Voyez n° 57.

Les montagnes simplement indiquées à leur rang, avec renvoi à des numéros subséquens, sont basaltiques. Quelques autres peuvent l'être en partie, et je le soupçonne du Puy de l'Aiguillier, n° 36, car le col qui le sépare du Puy Baladou, est semé de scories rouges qui paraissent de cette nature. Le Puy de Hautechaux, n° 31, présente aussi des blocs qui semblent de nature intermédiaire. Il en est de même de la roche de Pessade, n° 36, et ces porphyres se rapprochent un peu des basaltes porphyritiques du Puy Poulet, du Puy de Vivanson et des bases du Puy de la Tache. Il y a, dans le bassin de la Croix-Morand, un mélange de laves où il est d'autant plus difficile de se reconnaître que le sol est entièrement gazonné et qu'on voit peu de roches en place.

Du reste, le système feldspathique prédomine, et le plus grand nombre

des Puys lui appartient évidemment. Mais ce système diffère de celui des Monts-Dores proprement dits, et la plupart des porphyres qu'on y observe se rapprochent plus ou moins du klingstein et de la domite. Le Puy de Loueïre, n° 38, offre du pétrosilex en masse, et l'on y rencontre des blocs de granit. Le roc de la Tuillière et le Puy Trioulérou sont formés de vrai klingstein. Dans le premier, il est configuré en beaux prismes droits qui se débitent transversalement en feuillets minces : on les emploie pour la couverture des maisons. Au Puy Trioulérou, n° 40, il n'y a point de division prismatique distincte, et les feuillets se séparent plus difficilement. A la base de la Banne d'Ordenche, n° 58, c'est encore un vrai klingstein finement feuilleté et à feuillets inclinés. Il en est de même au hameau de Legal, n° 41, et de ce hameau la bande de klingstein remonte jusques vers le col qui sépare le Puy Gros du roc de la Montilhe, n° 49, formant ainsi une sorte d'écharpe sur la face méridionale du Puy Gros. La Roche Sanadoire, n° 39, attenante au Puy de Loueïre, et à peine séparée de la Tuillière, a une constitution un peu différente de l'un et de l'autre : elle est formée de beaux prismes, comme la Tuillière; mais ils sont disposés dans toutes sortes de directions, tellement qu'on en voit qui divergent d'un centre commun. Là le klingstein s'éloigne de son type pour se rapprocher davantage des porphyres du Mont-Dore. Au plateau de Laqueille, n° 41, c'est encore un klingstein tantôt porphyritique, tantôt prenant l'aspect de la domite; il est irrégulièrement divisé en gros prismes informes. Enfin, les laves de Mareilh et de Langle, n°s 29 et 30, tendent vers la domite, au point que certains blocs en sont à peine distingués, sur-tout quand ils éprouvent un commencement de décomposition.

On rencontre dans ces diverses laves le pyroxène noir et vert, rarement l'amphibole, assez souvent le titane silicéo-calcaire, et des paillettes de mica ordinairement bronzé. Un grand nombre de blocs sont bulleux, cellulaires et même scoriacés.

Quant au fond du bassin de la Croix-Morand, il est entièrement comblé de couches ponceuses et de brèches, contenant des coulées basaltiques qui paraissent tantôt s'intercaler avec les coulées feldspathiques, et tantôt leur être latéralement appliquées. Voyez ci-après, n°s 67 et 104.

§ 3. Basaltes (1).

A. *Vallée du Mont-Dore.*

a. *Du Puy de Sancy*, n° 9, *au Puy Gros*, n° 41.

Élév. absolue en mètres

42. *Basaltes* de la cascade de *la Dogne*..... 1650

J'ai déja averti que l'on avait donné à tort le nom de Cascade de la Dogne à celle qui est voisine des Bains, (n° 24). La Dogne n'est point du tout de ce côté; elle prend sa source au pied du Puy de Sancy, et se réunit au bas de la montagne avec la Dore, autre ruisseau qui naît près de Cacadogne. (Voyez n° 86, 87, 88.) La cascade dont il est ici question, est celle du fond de la vallée, tombant du plateau du Puy de Sancy; et les basaltes que j'indique paraissent former une couche dans l'épaisseur des lits de brèche dont ce plateau est construit. On les rencontre sur le sentier qui conduit à Sancy. Ils sont semés de grosses bulles, et ont un aspect tout particulier.

43. *Basaltes* du *Capucin*. (Voyez n° 19.)

1° En blocs épars au pied du rocher, sur le chemin de la Tour..... 1354

2° En couches régulières, du côté de l'orient, sur le même chemin. Couche supérieure, en masses. 1230

Couche inférieure, en boules. 1186

Les deux couches qu'on rencontre en place, sur la face orientale du Capucin, paraissent enfermées entre de grandes assises de brèche volcanique. L'inférieure se décompose en grosses boules à couches concentriques; la supérieure se débite en grains anguleux. On y remarque des masses bulleuses entre lesquelles il y a des scories engagées.

44. *Basaltes* de *Rigolet-bas*. (Voy. n° 20.)..... 1080

C'est un reste isolé de coulée basaltique, qu'on voit au-dessus de la fontaine du village.

---

(1) Voyez les Considérations générales ci-dessus, page 18.

Élév. absolue en mètres.

45. *Basaltes* de la cascade du Mont-Dore, n° 24.... 1238

Couche de basalte prismatique, mise à découvert par l'excavation du ravin où tombe la cascade. Elle occupe la partie moyenne de l'escarpement, et on la voit posée sur le tuf, dans les fentes duquel elle pousse des filons à-peu-près verticaux. Cette couche correspond pour l'élévation à celles du capucin, et l'on est fondé à supposer que ce sont les restes d'une même nappe divisée par le creusement de la vallée.

46. Quereilh, village voisin des bains du Mont-Dore. 998

Il paraît fondé soit sur le tuf, soit sur les attérissemens de la Dordogne, mais s'appuie contre une belle coulée de basalte qui forme l'éminence voisine, et qu'une fouille a mise à découvert sur le bord du chemin.

47. *Basaltes* de *Prentigarde*, n° 101..... 1045

Ces basaltes se montrent des deux côtés du ruisseau de *Pailhoux*. Sur la rive droite ce sont des prismes articulés, un peu fléchis en *S*, supportés et recouverts par des brèches ponceuses et des tufs feuilletés. On reconnaît dans la forme de leurs articulations, un commencement de décomposition en boules. Sur la rive gauche, la réduction en boules est consommée. Ces basaltes sont recouverts d'une couche épaisse de brèche. Les uns et les autres pourraient bien n'être pas là dans leur situation originaire : je soupçonne que ce sont de grands lambeaux de coulées, déplacés par les accidens. Parmi leurs débris on trouve du basalte cellulaire, tantôt grisâtre, tantôt rouge, contenant des cristaux réguliers de pyroxène, et du feldspath laminaire. Il est entièrement semblable à celui qui se rencontre dans plusieurs puys de la Croix-Morand, voyez n^os^ 59, 65, 67, et je ne crois pas qu'il appartienne à ces prismes.

48. *Basaltes* de la cascade de *Quereilh*, au fond du vallon de Pailhoux

Au pied de la cascade..... 1067
Au haut de la cascade, environ..... 1087
Au point le plus élevé du rocher basaltique.... 1116

La cascade tombe d'un escarpement vertical. De grandes portions de

cette muraille gîsent à ses pieds. Ce sont des prismes très-allongés, très-menus, diversement inclinés et très-adhérens entre eux. Au bas de la cascade, le basalte paraît s'enfoncer dans les couches ponceuses où le ruisseau a creusé son lit. La partie supérieure du rocher est fort en arrière du point d'où part la chûte-d'eau. On la rencontre à l'embranchement de deux sentiers qui vont, l'un au pré du Barbier, n° 103, l'autre au puy de Langle, n° 30. Là, le basalte se recouvre de brèche ponceuse, intercalée de sable.

b. *Basaltes qui ceignent le Puy Gros* (n° 41) *au midi et au couchant.*

Élév. absolue en mètres.

49. Roc *de la Montilhe,* formant un sommet détaché du Puy Gros..... 1373

Basalte dur et sonore en masses et en tables. Au sommet du rocher toutes ces masses sont bulleuses. Il repose sur un lit très-épais de scories adhérentes et libres. On en trouve beaucoup de filées, de tordues, de cannelées, aussi légères que celles des volcans modernes. Le lit de scories s'étend bien au-delà de ce reste de coulée, et l'on remarque à une petite distance, vers le nord, un creux peu profond mais d'un assez grand circuit, dont le sol est tout formé de menues scories semblables à celles des cratères. Au dessous du roc de la Montilhe et de son lit de scories, on reconnaît un lit de brèche contenant aussi des scories, n° 92.

50. *Basaltes* du ravin du Puy Gros..... 1314

Ces basaltes sont en boules éparses sur le sentier qui traverse le grand ravin méridional, au-dessus de Fougères. Ils peuvent avoir fait partie de la coulée dont le roc de la Montilhe est un reste.

51. *Roche de Fougères,* au-dessus du village, n° 93. 1134
52. *Roche de Legal,* au-dessus du hameau, n° 41... 1209
53. *Roche de l'Usclade,* au-dessus du village, n° 95. 1210

Ces trois roches sont évidemment les restes d'un grand plateau qui ceignait le Puy Gros du midi au couchant. Le basalte de la roche de Fougères est en prismes déliés et diversement inclinés. Dans la roche de

Legal, ce sont des prismes démembrés d'un basalte très-compacte et très-dur, recouverts de basalte cellulaire et scoriacé. A la roche de l'Usclade, il est en masses informes et pose sur un immense lit de brèche. Voyez ci-dessous, n° 95.

c. *Murat-le-Quayre et ses environs.*

Élév. absolue en mètres.

54. Murat-le-Quayre. Rocher de l'ancien château. 1044

Roche de *la Veyssereix*, au-dessus du nouveau château 1047

Point culminant de la route de la Queille près le village 1035

Le village de Murat, n° 97, est placé entre ces deux rochers, sur les lits de brèche ponceuse qui les supportent l'un et l'autre. Ils appartiennent visiblement à une même coulée, dont les accidens ont interrompu la continuité. Le rocher de l'ancien château présente d'assez beaux prismes du côté du couchant. On les voit posés sur les scories, lesquelles posent à leur tour sur les brèches ponceuses. Vers le milieu du petit plateau qu'occupent les restes du château, la masse du rocher a des parties entièrement scorifiées.

La roche de la Veyssereix repose également sur les brèches ponceuses, avec interposition de ses scories. La hauteur est prise au bord de l'escarpement qui domine le nouveau château. Mais le plateau va en s'élevant de là, vers les montagnes qui le surmontent à l'orient.

La route de Murat à la Queille est tracée sur le penchant de plateaux basaltiques.

55. Le Pessy, village au-dessous de Murat, du côté du sud 980

Le village est situé à l'extrémité d'un vaste plateau basaltique, formé en entier de superbes prismes verticaux, ayant jusqu'à un mètre et demi et deux mètres d'épaisseur. Le basalte est d'une extrême dureté. Cependant on le trouve çà-et-là moucheté et tendant à se débiter en parties anguleuses. En général sa couleur est grisâtre, mais plus noire du côté du village.

Élév. absolue en mètres.

56. La Maleroche, au-dessus des Escures, n° 4.... 1014

Monticule basaltique isolé, dominant la ferme des Escures, entre Murat et S.-Sauves. Il est lui-même dominé au levant par un plateau de basalte beaucoup plus étendu.

57. *Cône basaltique* de *Laqueille*, près la maison Bouchaudy..... 988

Le plateau porphyritique de Laqueille, n° 41, est accompagné de plusieurs plateaux basaltiques. Le cône isolé dont il est question ici se trouve au bas de la côte, dans une prairie attenante à la maison du S^r^ Bouchaudy. Il est formé de prismes convergens.

B. *Bassins du lac de Guéry et de la Croix-Morand.*

a. *Bassin du lac de Guéry.*

58. Banne d'Ordenche. (Le mot *banne* signifie corne). 1525

Rocher isolé et en forme de tour, qui se fait remarquer d'une grande distance. C'est une portion de coulée parfaitement caractérisée par le mélange confus de parties denses, de masses bulleuses, et de scories. Le basalte compacte qu'elle renferme est noir et très-beau. Il abonde en péridot et en pyroxène. Les portions qui tendent à la décomposition deviennent grises, mouchetées, et se débitent en grains anguleux. Les scories libres ou engagées sont rouges et légères. Le tout est déposé sur un klingstein à feuillets très-minces, fort inclinés à l'horizon, et tendant à la décomposition.

Deux rochers fort éloignés de celui-ci, le Puy de Chambourguêt, n° 80, et le roc de Courlande, n° 78, ont la même forme, la même composition, une hauteur pareille, et de chacun des trois on voit les deux autres.

59. Puy de Vivanson, faisant suite à la banne d'Ordenche..... 1492

Longue montagne surmontée à l'occident par la banne d'Ordenche, et se terminant du côté de l'orient par une bosse arrondie, à laquelle se rapporte la mesure. Sur le flanc de cette bosse, on voit deux roches que

l'on nomme les *bannes*, c'est-à-dire les cornes. Le dos de la montagne est formé d'un basalte semblable à celui que l'on trouve à l'opposite dans le Puy Poulet, n° 65. Le pyroxène en cristaux y abonde à tel point, qu'il en constitue souvent la partie principale, et il est toujours accompagné d'une multitude de lames très-minces et très-allongées de feldspath, lesquelles deviennent plus visibles dans les parties qui commencent à se décomposer. Les *bannes* sont d'un basalte bulleux et scoriacé, mais ne paraissent pas appartenir à celui que nous venons de décrire, et la base du Puy de Vivanson est un porphyre différent du klingstein de la banne d'Ordenche.

Élév. absolue en mètres.

60. Lac de Guéry..... 1246

C'est, je crois, le lac le plus élevé de la région des Mont-Dores. Il est très-poissonneux, tandis que le lac Paven, n° 82, passe pour ne l'être pas. Le basalte qui forme son enceinte est figuré en prismes du côté de la chûte d'eau. Au-dessus de cette chûte on voit les masses bulleuses qui recouvrent la portion prismatique de la coulée. Le vallon dont le lac occupe le fond, remonte jusqu'au col qui sépare la banne d'Ordenche du Puy Gros.

61. *Point culminant du chemin du Mont-Dore à Rochefort*..... 1353

Ce chemin côtoie le lac de Guéry, et parcourt une partie du vallon que nous venons d'indiquer. On y rencontre, de distance en distance, de petites éminences formées de basalte scorifié. Elles paraissent tracer la route de la coulée qui borde le lac.

62. Chuquêt du Cros-de-Pèze; monticule entre la Banne d'Ordenche et le Puy Gros (n° 41)..... 1423

63. Chantouzet; éminence appuyée contre le Puy Gros..... 1422

64. Roc d'Ourdine; au-dessous du Chuquêt, et au-dessus de l'Usclade (n° 95)..... 1401

On touche ici à un centre d'éruption basaltique et à l'origine probable de la coulée du lac de Guéry.

Le *Chuquêt* et *Chantouzet*, très-voisins l'un de l'autre, et dont la hauteur est pareille, paraissent être les restes d'une seule et même montagne volcanique. Au pied du Chuquêt, on remarque un enfoncement circulaire et cratériforme qu'on nomme le *Cros*, c'est-à-dire le creux de *Peze*. Son sol est formé de menues scories, et le Chuquêt ne montre pas autre chose dans les écorchures du gazon dont il est revêtu. On n'en verrait pas plus à Chantouzet, si les habitans de Laqueille ne s'étaient avisés d'y venir chercher de la pozzolane. La fouille a découvert une portion de lave dans l'état où elles se montrent à la sortie des cratères. Le peu qu'elle contient de parties denses est du basalte moucheté et tombant en décomposition. Tout le reste est scories rouges et légères, filées, tordues, cordées, en larmes, de grande et petite dimension et d'une conservation parfaite. Au dos de Chantouzet, c'est du basalte dense. Le roc d'Ourdine en est également formé, et le volcan paraît avoir fourni des coulées de la même abondance sur les deux versans dont la ligne de partage est marquée par ses bases.

b. *Bassin de la Croix-Morand et ses dépendances.*

Élév. absolue en mètres.

65. Puy Poulet, ou *Puy de la Croix-Morand*..... 1530

Il est placé entre le Puy de la Tâche, n° 34, et le Puy Baladou, n° 35. C'est un vaste plateau tout gazonné. Il est formé, en grande partie, d'une lave basaltique particulière et tout-à-fait pareille à celle du Puy de Vivanson, n° 59, c'est-à-dire lardée de cristaux de pyroxène et de cristaux laminaires de feldspath. On en voit des blocs sur toutes les pentes de la montagne. Le chemin de la Croix-Morand en est jonché, ainsi que celui de Murol. La plupart de ces blocs sont bulleux ou cellulaires, et quelques-uns passent même à l'état scorifié.

66. *Sommet septentrional du Puy de la Tâche* (n° 34). 1579

Ce sommet, inférieur à la cime principale et qui en est séparé par un assez grand intervalle, est formé d'un rocher entièrement bulleux et scorifié de basalte ordinaire. A en juger par son élévation absolue et sa situation, il pourrait appartenir à la même coulée que la banne d'Ordenche, n° 58.

67. *Passage de la Croix-Morand.*

Au plateau inférieur, vers le *Buron de la Tâche*. 1305

Élév. absolue en mètres.

Plateau supérieur, à la Croix..... 1396
Monticule basaltique, près de la Croix..... 1402
Au pied du Puy de *l'Aiguillier*, en-deça du point culminant du passage (n° 36)..... 1430

En montant du vallon de Pailhoux au plateau inférieur de la Croix-Morand, on trouve des quartiers épars du basalte pyroxénique à cristaux laminaires de feldspath, qui constitue le Puy de Vivanson et le Puy Poulet. On en avait déja trouvé parmi les basaltes de Prentigarde, n° 47. Le plateau inférieur est tout jonché du même basalte, et il provient ici de la base antérieure du Puy de la Tâche, dont le sommet correspondant est formée de lave scoriacée commune, ainsi que nous venons de le voir au numéro précédent. Le Puy de Vivanson, composé également de ce basalte singulier, a de même des masses scorifiées de basalte ordinaire, Voyez n° 59. Le basalte pyroxénique ne constitue peut-être pas des coulées distinctes, et n'est vraisemblablement qu'un accident de quelques coulées de basalte commun, comme le grünstein volcanique l'est de quelques autres.

Le plateau supérieur de la Croix-Morand est tout formé de basalte ordinaire, déposé sur les brèches ponceuses et les tufs, n° 104. Vers le haut du passage et le long du Puy de l'Aiguillier, on rencontre un grand nombre de scories rouges et de masses scoriacées, dont plusieurs d'un grand volume. Nous n'en connaissons pas l'origine.

68. *L'Église des Corneilles*, (en patois, *la Gleïze des Grailhes*)..... 1305

Crête basaltique qu'on laisse sur la gauche, en descendant de la Croix-Morand à *Pessade*, n° 36. Ce basalte est en grandes masses, dont plusieurs en partie bulleuses. Dans ses débris, j'ai rencontré des fragmens cellulaires du basalte singulier dont il est question à l'article précédent. Le tout est déposé immédiatement sur un porphyre tendant à la décomposition, et prenant alors l'aspect de certaines domites.

C. *A l'occident de la Vallée des Bains.*

69. *Roche du Paschier des Caves*, dans le vallon de la

Élév. absolue en mètres.

Scie..... 1104

Basalte en prismes menus et inclinés, formant trois ou quatre monticules alignés le long du plateau de Rigolet, n° 20. Ce plateau est lui-même bordé de basalte de ce côté.

70. *Basalte de Maupertuis.* Vallon de la Scie, sur le flanc de Chamablanc (n° 18)..... 1158

En montant du vallon de la Scie sur le plateau de Chamablanc, on trouve d'abord les tufs et les brèches ponceuses, puis, vers le haut du plateau, on voit de beaux prismes de basalte dont la tête se montre au-dessus du gazon. Plus loin, ils sont recouverts de basalte bulleux. A quelque distance, sur la droite, une portion de cette coulée est à découvert et prend le nom de Roche de *Sanglé*.

71. La Roche Vandeix, à l'ouest du plateau de Chamablanc..... 1180

Ce rocher, très-remarquable et d'un aspect très-pittoresque, n'est accessible que d'un côté, et au moyen d'un étroit passage, autrefois pratiqué de main d'homme. Sa cime a été couronnée d'un château fort dont il n'existe plus rien. Il fut détruit en 1330, après le long siége qu'y soutint un certain Merigot Marchès, se qualifiant Roi des compagnies, et depuis long-temps la terreur de l'Auvergne ; la tradition s'en est conservée dans le pays, et la Roche Vandeix y porte encore le nom de Roche du Siège.

C'est une immense pyramide de basalte prismatique. Ses prismes sont de petit diamètre, mais très-allongés, et produisent un effet singulier du côté du couchant, où ils ont plus de régularité. On trouve au bas de l'escarpement beaucoup de fragmens bulleux. La roche pose sur les brèches ponceuses. Voyez ci-après, n° 110, le hameau de Vandeix.

72. La Tour d'Auvergne, au *Foirail* ou place de la Foire..... 1008

Emplacement de l'ancien château..... 996

La coulée basaltique de la Tour est l'une des plus remarquables du Mont-Dore, par son étendue, la régularité et les dimensions des pris-

mes qui la composent. Ils n'égalent pourtant pas en grosseur ceux du Pessy, n° 55, car leur diamètre moyen n'excède guères huit à neuf décimètres ; mais ils offrent d'ailleurs plusieurs singularités. Ils sont régulièrement articulés, à commissure convexo-concave, et composés, au moins en apparence, de deux parties distinctes, savoir: d'un axe exactement cylindrique, dont le basalte est plus noir, et d'une écorce grisâtre formant la portion primatique.

Le basalte de l'axe paraît plus dense, et tend à se diviser en grains anguleux ; l'étui prismatique est d'un tissu plus lâche, et se décompose avec plus d'uniformité. La décomposition superficielle ne rend raison que d'une partie de ces différences. Elle suffirait, sans doute, pour réduire peu-à-peu le prisme en cylindre, parce qu'après avoir abattu les angles, elle pénétrerait à l'intérieur par lignes circulaires ; et, comme il en arriverait autant à chaque articulation, les tronçons finiraient par être amenés à la figure sphéroïdale : telle est probablement l'origine de certains basaltes en boule. Mais il y a peut-être ici quelque chose de plus, savoir : des dispositions préexistantes qui auront inscrit le cylindre dans le prisme, de même que l'on voit dans la plupart des boules, des couches concentriques inscrivant d'avance la boule dans le tronçon prismatique. Ces prédispositions expliqueraient non-seulement la réduction en cylindres et en boules, mais encore les prismes eux-mêmes et leurs articulations ; et la croûte angulaire de nos prismes de la Tour, ne serait autre chose que le résidu de la matière en fusion, repoussé vers la circonférence par la force même qui tendait à grouper les parties les plus atténuées et les plus homogènes, autour des centres de condensation.

Élév. absolue en mètres.

73. Chastreix. Village à l'occident du Puy de Sancy. 1059

Gros prismes basaltiques, formant un monticule abrupte du côté du levant, descendant en pente douce du côté du couchant. Il paraît posé sur des brèches, qui le sont elles-mêmes sur le granit, voyez ci-dessus, n° 8.

74. Labro ; domaine voisin de Chastreix..... 1076

75. Baffaud ; village de la vallée de Chastreix..... 1174

76. *Plateau des Bughes*, au-dessus de Baffaud..... 1230

77. *Fontaine du Bois-de-Lessard*, sur la pente septentrionale des Bughes..... 1160

Le château de Labro est situé sur la déclivité d'un long plateau basaltique, lequel va en remontant vers celui des Bughes, autre plateau formé de couches redoublées de basalte, et qui remonte à son tour jusqu'aux bases du roc de Courlande. Le village de Baffaud est placé au pied des Bughes du côté du sud. La fontaine du Bois-de-Lessard se trouve sur la pente opposée du même plateau. Cette fontaine, ou source, sort de l'intervalle qui sépare deux coulées superposées. La hauteur que j'assigne aux Bughes correspond au point qui domine immédiatement le village de Baffaud. Le basalte y est grisâtre, d'une extrême dureté et singulièrement sonore.

Élév. absolue en mètres.

78. Roc de Courlande, à la suite du Puy de Pouge (n° 28)..... 1507

Rocher basaltique en forme de tour, comme la banne d'Ordenche et le Puy de Chambourguet, n^os^ 58 et 80. C'est le dernier sommet apparent de la chaîne qui part du Puy de Chabano, n° 26, et dont le prolongement sépare la vallée de Chastreix de celle de la Tour. Le basalte qui le compose est assez compacte vers le sommet, bulleux et scoriacé sur toute la face méridionale, et l'on trouve des scories libres et légères entre les masses soit compactes, soit bulleuses. Cette portion de coulée a pour support un porphyre blanchâtre en tables, renfermant de très-grands cristaux, et tout semblable à l'un des porphyres du Puy Ferrand, n° 10.

D. *Au sud du Puy de Sancy.*

79. Sausses; pâturage au-dessous du Puy Pailharet (n° 14)..... 1480

Ce pâturage fait partie de ce que l'on nomme les *Montagnes de Chagourdet*. Voyez ci-dessous, n° 83. Il forme une bosse peu saillante et fort étendue entre les Puys Pailharet et de Chagourdet au sud, et le Puy de Chambourguet au nord. Cette éminence est une nappe basaltique dont on n'aperçoit que de petites portions à découvert. Il y a peu de basalte dense, au moins dans ce qui est visible, mais beaucoup de masses bulleuses, et les ruisseaux qui sillonnent le gazon ont leur lit tout formé de scories légères.

80. Puy de Chambourguet; entre le Puy Ferrand (n° 10) et le lac Paven..... 1534

C'est l'un des trois rochers basaltiques, en forme de tours, qui font le triangle autour du Puy de Sancy, et qui, non-obstant l'interposition de celui-ci, sont deux à deux visibles du troisième, (n^os 58 et 78). Lorsque l'on regarde de loin la masse des Monts-Dores, chacun des trois se dessine tour-à-tour sur le profil de la chaîne, suivant l'aspect sous lequel on la considère.

Le Puy de Chambourguet a cela de remarquable, qu'il présente à son sommet une dépression circulaire assez profonde, comme s'il était le squelette subsistant d'une cheminée de cratère. Cependant le puy entier est un rocher des plus solides, construit de basalte un peu grisâtre, extrêmement dur et sonore. Seulement, du côté de l'occident, on voit des masses poreuses et scoriacées, et par-tout, mais là sur-tout, de menues scories très-légères.

Tout ce qui environne ce puy est basalte, et la grande nappe basaltique de *Sausses*, dont il a été parlé sous le numéro précèdent, lui sert de base du côté du nord.

Élév. absolue en mètres.

81. Vassivière, chapelle près du lac Paven..... 1304

La chapelle et une auberge, voilà tout Vassivière, isolé dans une contrée déserte, d'un aspect uniforme et sévère, sans arbres, mais offrant au bétail d'immenses pâturages. Cette chapelle attire à certains jours de l'année, un grand concours de pélerins. Elle est placée sur une éminence formée par une coulée basaltique, qui se prolonge dans le sens du levant au couchant, et dont on ne voit pas l'origine. Ce basalte repose immédiatement sur le porphyre.

82. Lac Paven, au niveau de l'eau..... 1202

Le bassin de ce lac est une vaste et profonde excavation, accidentellement formée dans un plateau balsatique fort étendu. Du côté du sud, un volcan moderne surmonte son enceinte, (voyez *Montchalme*, n° 154.) Du côté du nord-ouest, une brèche ouverte dans cette même enceinte, verse une cascade dans le vallon qui conduit à *Besse*, n° 154. On ne voit pas d'où le lac tire les eaux qu'il fournit avec tant d'abondance. Mais il ne saurait y avoir d'incertitude sur leur origine, quand on remarque l'élévation relative des terreins à l'orient et au midi, et les fondrières que renferme la grande nappe de lave qui occupe l'espace compris entre le Puy de Montchalme et le lac de Mont-Sineyre. Delarbre, en sa notice

sur l'Auvergne, pag. 239, attribue au lac 15000 pieds ou 4873 mètres de circonférence : je crois cette mesure un peu exagérée. Quant à sa profondeur, elle a été sondée avec beaucoup d'exactitude, et on l'a trouvée de 288 pieds ou 93 mètres et demi. (*Ibid.* pag. 244.)

Le basalte de l'enceinte est en masses informes. Il contient beaucoup de péridot et de nombreux cristaux de pyroxène. On y voit fréquemment des bulles, et il se fait remarquer par la propriété de blanchir à l'air comme s'il était couvert d'un enduit de chaux. Une portion de la lave moderne de Gravenère, n° 181, a la même propriété.

E. *A l'orient du Puy de Sancy et du Puy Ferrand.*

Élév. absolue en mètres.

83. Puy de Chagourdet, près de l'extrémité orientale du Puy Ferrand (n° 10)..... 1551

C'est le plus élevé de tous les sommets basaltiques. Il reçoit son nom des pâturages qu'il domine et qui s'étendent jusqu'au Puy de Chambourguet, n° 80. Du côté du nord, ses escarpemens plongent dans le vallon de *Chaudefour*, l'une des branches de la vallée du Chambon. Là, il prend le nom de *Pan de la Chèvre*.

Basalte dur, déposé sur des porphyres qui sont une continuation de ceux du Puy Ferrand. Au sommet de la montagne toutes les masses sont bulleuses et scoriacées.

En descendant du sommet au fond du vallon de Chaudefour, on retrouve le porphyre, puis les brèches et les couches ponceuses. Ces dernières s'étendent de là jusqu'à l'extrémité de la vallée du Chambon. On voit aussi des blocs de granit, mais je n'ai pas rencontré là cette roche en place. Enfin, le fond du vallon est jonché de scories très-légères et très-fraîches, qui procèdent ou du lit inférieur des basaltes, ou peut-être des couches de brèches que je viens d'indiquer.

84. Chateau de Murol. Dans la cour supérieure.... 960

Somptueuse structure des derniers âges. Ce château a appartenu à la famille d'Estaing. Une première enceinte environne le cône basaltique, plus haut que le milieu de son élévation totale. On y a pratiqué une large terrasse circulaire et parfaitement nivelée. De là s'élève la pyramide qui porte l'habitation. Cette pyramide est entièrement revêtue de murailles

construites avec le basalte de la montagne. Ce château, placé au sommet, en occupe exactement toute la troncature. Il a plusieurs faces et plusieurs tours, une très-belle terrasse tournante au haut de ses murailles, et une cour intérieure, avec une citerne. C'est là que j'ai posé mon baromètre.

Quoique ce cône soit actuellement isolé, on ne peut se refuser à croire qu'il a fait partie des coulées qui se voient à l'entour. Le plateau dont le chemin de Murol cotoie la pente, est une très-belle couche de basalte prismatique, et cette couche paraît être de niveau avec les basaltes du château.

Voyez ci-dessous, n° 153, le village de Murol.

Élév. absolue en mètres.

85. *Basaltes du marais,* entre Murol et le lac du Chambon (n° 7)..... 882

Prismes basaltiques démembrés, formant des éminences superficielles sur un terrain inondé et fangeux, entre le lac du Chambon et le Puy Tartaret, n° 153. Ce sont les restes d'une coulée basaltique, bouleversée probablement par les explosions du volcan voisin. Ce lieu est appelé *le Marais*, et donne son nom à une roche très-remarquable que l'on voit au-dessus. Voyez ci-après, n° 107.

§ IV. Déjections anomales (1).

A. *Vallée du Mont-Dore.*

a. *Nivellement du cours de la Dordogne.*

86. *Plateau des sources de la Dogne*..... 1728

Entre les sommités centrales ci-dessus désignées, du n° 9 au n° 12, c'est-à-dire entre le cône du Puy de Sancy, le Puy Ferrand, le Pan de la Grange, et les Aiguilles, le sol est formé d'une épaisse couche de brèche dont le fond est ordinairement gris-de-cendre, quelquefois rougeâtre,

(1) Voyez ci-dessus, Considérations générales, page 26.

et contient une multitude de petites scories noires ou blanches, en fragmens anguleux, de menus débris de porphyre ordinairement bulleux, et çà-et-là, des portions plus ou moins volumineuses d'une brèche rouge plus ancienne, composée de fragmens porphyriques et de sable, plutôt agglutinés par l'oxidation du fer, que liés par un ciment particulier. Les pores orbiculaires très-petits et très-nombreux qu'on aperçoit dans la brèche de scories, excluent l'idée de formation boueuse que son aspect ferait naître. C'est un empâtement de *lapilli*, opéré par la voie sèche et se décomposant en place. La *Dogne*, l'une des sources de la Dordogne, prend naissance sur ce terrain, qui forme un plateau au nord de la pyramide du Puy de Sancy. La hauteur que je lui assigne répond à une éminence située entre cette pyramide et la première des *Aiguilles*.

Élév. absolue en mètres

87. *Source de la Dogne*, entre le Pan de la Grange et le Puy de Sancy (nos 9 et 11)..... 1694
Naissance de la cascade, à l'entrée du couloir qui la conduit à sa chûte..... 1661
Cascade de la Dogne, au point de sa chûte.... 1656

La source la plus élevée de la Dogne naît vers le point où la brèche de scories, décrite à l'article précédent, touche aux porphyres. De là elle parcourt le plateau, enfile un étroit couloir, et tombe enfin d'un escarpement vertical. Au point de la chûte, on voit la tranche du rocher. Sa partie supérieure est formée d'une épaisse assise de la brèche de scories. Au-dessous, il y a des brèches ferrugineuses contenant des masses de porphyre et de basalte à grandes bulles et d'un aspect brûlé. Entre ces matières irrégulièrement amoncelées, il se trouve des lits minces de tuf rouge, que les bergers recherchent pour colorer la croûte de leurs fromages. Plus bas, il paraît y avoir des couches assez étendues de basalte, enveloppées d'une multitude de produits qu'on ne peut guères observer que dans les débris accumulés au pied de l'escarpement, vû la difficulté d'aborder la déchirure où tombe la cascade, et l'impossibilité d'y examiner de près la nature et l'arrangement des matières.

88. La Dordogne, à sa naissance, c'est-à-dire au confluent de la *Dore* et de la *Dogne*..... 1366
A l'entrée du village des Bains, sur le chemin du *Capucin*..... 1047

Élév absolue en mètres.

Sous le village *de Genestous*, (n° 94) à la prise d'eau 919

A la *Bourboule-Haute* (n° 99)..... 857

Sous le Pont de *Saint-Sauve* (n° 100)..... 783

La *Dore* naît entre le Pan de la Grange, n° 11, et Cacadogne, n° 21, à la même hauteur à-peu-près que la *Dogne*, et ces deux ruisseaux se réunissent au pied de la montagne. Au point de rencontre, le torrent prend le nom de Dordogne. Le terrain où la jonction s'opère est un monceau de débris versés par les escarpemens qui le dominent. Il y a des basaltes, des porphyres, des brèches tufeuses, d'autres à base d'obsidienne; mais l'une des choses les plus remarquables est du porphyre et du petrosilex bulleux en fragmens, les uns isolés, les autres réunis en brèche, et dont les cavités renferment du soufre en grains. Dans le porphyre, les cristaux de feldspath corrodés par l'acide, ont fait place à la sublimation sulfureuse, et quelquefois ces cristaux, sans avoir perdu leur figure, sont partie soufre, et partie feldspath (1).

A partir de ce point, le cours de la Dordogne est tracé dans des lits de tufs, de brèches ponceuses, de brèches volcaniques ferrugineuses, jusqu'à *Saint-Sauve*, où ce sont encore des brèches, mais d'un autre ordre et probablement de formation océanique.

b. *Sur les deux rives de la Dordogne.*

89. Vallon d'Enfer. Au lieu appelé *les Fernes*.

Ferne-haut. Au sommet du rocher pendant sur le vallon..... 1564

A la partie la plus élevée de la cloison qui sépare les *Fernes* du Vallon de la Cour. 1585

La cloison qui sépare le vallon d'Enfer de celui de la Cour, projette en

(1) M. Cordier vient de découvrir que cette sorte de porphyre est une véritable aluminite analogue à celle de la *tolfa*, mais où la silice est ordinairement fort abondante. Les cristaux de feldspath y sont adventices et ordinairement rompus. Ils ont été corrodés par les fumées sulfureuses, et fait place à la sublimation du soufre.

avant, vers le milieu de celle-ci, un rocher très-saillant et sur-plombé, qu'on nomme *Ferne-haut*, tandis qu'on appelle *Ferne-bas* la partie basse du vallon où sont tombés ses débris. Ce rocher est formé d'une brèche rouge ferrugineuse, contenant des fragmens de diverses pierres et de scories. Le vallon entier est creusé dans cette sorte de terrain qui comprend en outre des tufs et des brèches ponceuses renfermant des blocs de basalte et de porphyre, tantôt sains et tantôt cellulaires. De la destruction de ces brèches procèdent en grande partie les pierres de toute espèce qui sont entassées au fond du vallon. Dans la variété infinie de celles qu'on y rencontre, je remarque de très-beau porphyre à base d'obsidienne noire, et des scories de même couleur, adhérentes à des portions de lave vitreuse, contenant du pyroxène vert et du mica.

Ce terrain constitue évidemment la base du Puy de l'Aiguillier, n° 12, et du Puy de la Grange, n° 15. La cloison des Fernes lui appartient aussi du côté qui regarde le vallon d'Enfer; mais du côté du vallon de la Cour, cette même cloison est formée en entier de porphyre prismatique. Elle se compose ainsi de deux portions dissemblables, adossées l'une à l'autre; et cette juxta-position, où l'on reconnaît le désordre des formations volcaniques, est un des caractères qui les distingue ici des couches formées par les eaux.

Élév. absolue en mètres.

90. Le Roc-Barbu; dans la gorge qui sépare Cacadogne du Roc de Cuzau, (nos 21 et 22)..... 1539

C'est le plus élevé et le plus apparent de quatre ou cinq monticules inclinés et de figure bizarre qui s'élèvent du fond du vallon, ou, pour mieux dire, de la déchirure que l'on voit en face du vallon de la Cour, entre Cacadogne et Cuzau. On les prendrait pour autant de pièces de la montagne, qu'un accident en a détachées et qui ont glissé en avant sur un plan incliné. Ces rochers et l'enceinte de la gorge sont formés de brèches, comme les *Fernes*, mais surmontés de terres et de pierres éboulées.

91. *Burons du Cliergue,* au pied du Capucin (n° 19) du côté du nord.

Buron supérieur..... 1400

Lit de brèches ponceuses, au-dessous du même buron..... 1394

A partir du vallon d'Enfer, les brèches volcaniques continuent à se montrer dans les bases de toutes les montagnes, dans l'escarpement de la Durbise, n° 23, dans le ravin de la cascade du Mont-Dore, avec les brèches ponceuses qui supportent les basaltes, n° 45, enfin, tout-autour du Capucin, où elles renferment aussi des basaltes, comme on a vu au n° 43. Les plus élevées de ces dernières constituent le sol des cabanes voisines du Capucin et que l'on appelle *Burons du Cliergue*. On aperçoit tantôt les brèches et tantôt le tuf blanc dans les déchirures du gazon. Je donne ici la hauteur du point le plus voisin du buron supérieur où j'aie vu ce terrain à découvert.

Élév. absolue en mètres.

92. *Brèches de la Montilhe* (n° 49)..... 1344

J'ai indiqué ces brèches, en parlant du roc de la Montilhe, dont elles paraissent être le support.

93. Fougères, ou *Faugères;* village au pied du Puy Gros. Maisons supérieures..... 1048

Le sol du village fait partie des grandes assises de brèches ponceuses qui occupent le fond de la vallée des Bains et de celle de *Pailhoux*; mais il est caché ici par les débris du plateau basaltique dont les restes se montrent au-dessus, et que j'ai indiqué sous le n° 51.

En regardant du chemin des Bains les deux villages de Fougères et de Legal, n° 41, on croirait que ce dernier est le plus élevé des deux. De même, le château de Murat, n° 54, paraît plus haut que les Bains, de quelque côté qu'on les envisage l'un et l'autre. Ces erreurs d'optique, dont on ne saurait se défendre et qui m'en ont imposé à moi-même, malgré l'habitude que j'ai des montagnes, m'ont obligé de répéter les observations à plusieurs reprises, et leur résultat constant m'a convaincu, comme j'avais eu bien des fois occasion de m'en convaincre, que l'œil le plus exercé ne peut estimer les différences de niveau sur des plans inclinés dont les lignes s'entrecroisent, lorsqu'il n'y a point de plan horizontal qui rectifie les apparences. Cependant, il n'est jamais difficile de reconnaître la cause de ces erreurs inévitables, et on les réduirait sans peine à une théorie mathématique, où l'on trouverait de nouvelles ressources pour ces arts de déception qui mettent à profit l'imperfection de nos sens.

94. Le Genestous, village. A la croix..... 955

Monticule de brèche à fragmens anguleux de porphyre, de klingstein, de basalte, renfermant aussi beaucoup de scories noires et blanches. Cette brèche est teinte en rouge par l'oxidation du fer que plusieurs de ses élémens contiennent en abondance. Le tout paraît lié par un ciment tufeux très-peu abondant. La Dordogne coule au pied du monticule, à 37 mètres au-dessous de la croix du village. Voyez n° 88.

Élév. absolue en mètres

95. L'Usclade, village sur la pente occidentale du Puy Gros; à la croix..... 1072
Brèches servant de support au plateau basaltique (n° 53)..... 1171

Le village est placé sur des lits de brèche ponceuse et de tuf, où s'intercalent des couches arénacées. Le tout est recouvert par des brèches assez semblables à celles du Genestous, et qui supportent à leur tour une portion de coulée basaltique.

96. Le Prénioux, village à l'opposite de l'Usclade; aux maisons supérieures..... 1005
Chuque de Prénioux, ou *Roche de l'Aigle*..... 1196

Le *Prénioux* est situé à mi-côte, sur la rive gauche de la Dordogne. On nomme *Chuque de Prénioux*, le sommet de la montagne. Ce même sommet prend le nom de *Roche-de-l'Aigle*, du côté du vallon de Vandeix, où il présente un escarpement vertical qui met la structure de la montagne à découvert. Voyez ci-après, n°s 109, 110, 111. Elle est entièrement formée d'amas ponceux, de brèches tufeuses, de fragmens réunis en épaisses assises. Du haut de cette montagne, on voit le même terrain se répéter de l'autre côté de la Dordogne, dans les bases occidentales de la banne d'Ordenche, n° 58, et tout le long du Puy-Gros. Il constitue les hauteurs qui dominent Murat-le-Quayre, et tous les basaltes de cette région sont compris dans son épaisseur.

Le *Chuque de Prénioux* se lie à l'extrémité septentrionale du plateau de Chamablanc, n° 18.

97. Murat-le-Quayre, village; à la croix..... 1022

Ce village est placé sur la grande route des bains, entre deux rochers de basalte, sur l'un desquels a existé un château, n° 54. Son sol est

formé des tufs et des brèches ponceuses qui supportent ces basaltes, et qui reposent à leur tour sur le granit, n° 3.

Élév. absolue en mètres.

98. Quayre, village entre Murat et la Bourboule; à la croix..... 888

Même terrain qu'à Murat, offrant les indices d'une stratification opérée par les eaux. Il enveloppe le pied de la roche granitique de la Bourboule, n° 1.

99. La Bourboule, village en deux parties:

La Bourboule haute..... 858

La Bourboule basse, aux bains..... 852

Les deux hameaux séparés qui forment le village de la Bourboule, sont au bord de la Dordogne, sur les brèches ponceuses et les tufs stratifiés. Du sein de ces couches sort le granit formant une crête transversale qui s'élève jusqu'à Murat-le-Quayre, où il se cache de nouveau sous des couches de même espèce, voyez les n^os^ 1, 2, 3, et n° 97.

Les sources minérales se trouvent dans la *Bourboule basse*. Elles sont gazeuses et analogues à celles du Mont-Dore. Le gaz acide carbonique en est le principe dominant. Celle qui jaillit en plein air fait monter le thermomètre centigrade à 37° 5. Je n'ai point essayé celle des Bains. Elle passe pour avoir de 45 à 46 degrés de température; ce serait précisément la chaleur du bain de César au Mont-Dore.

APPENDICE.

100. Saint-Sauve, bourg; à l'église..... 857

Sur le pont; route de Clermont à Aurillac... 791

Cours de la Dordogne sous le pont. (Voyez n° 88).

Montagne de brèche, au milieu de montagnes toutes de granit. Le bourg en occupe le plateau. La Dordogne coule au pied, entre des rochers de même sorte. Mais ce n'est plus le terrein volcanique : la brèche de S. Sauve est l'ouvrage des eaux et probablement de celle de la mer. Elle est très-ancienne, du moins, et ne m'a paru contenir que des pierres pri-

mitives. On y remarque de gros fragmens de quartz et des débris de schiste micacé. Elle varie beaucoup. Tantôt on croirait voir un vrai granit; tantôt c'est un grès à grains fins; ailleurs, elle prend l'aspect de la *grauwakke*. Ce terrain paraît faire suite à celui qui accompagne les houilles voisines.

Le terrein volcanique finit à la Bourboule. De ce lieu à S. Sauve, on ne rencontre plus que le granit, mais divisé en monticules que séparent de profondes coupures. Les accidens qui ont sillonné ainsi la protubérance granitique, sont probablement ceux qui ont formé la brèche de S. Sauve; et ces accidens ont sans doute précédé l'éruption des volcans, puisque ces brèches ne renferment aucuns produits volcaniques. L'isolement du monticule de S. Sauve annonce d'autres accidens qui ont entraîné à leur tour la plus grande partie des brèches déposées dans les interstices du granit; et ce dernier événement doit être le même que celui qui a entamé l'encroûtement volcanique des Monts-Dores, et creusé ses vallées actuelles.

B. *Vallon de Pailhoux, et bassin de la Croix-Morand.*

Élév. absolue en mètres.

101. PRENTIGARDE, hameau..... 1026

Roche de Prentigarde, au sommet..... 1082

A sa base, prise au ruisseau de *Pailhoux*... 1010

D'épaisses assises de brèches ponceuses constituent le sol du vallon de Pailhoux. La proportion des élémens qui les composent est très-variable. Au sommet de la roche de Prentigarde, ce sont de gros fragmens de pierres volcaniques et des scories réunis immédiatement et presque sans ciment. L'oxidation du fer donne à cette partie une couleur brune qui la fait distinguer de loin. Au-dessous et à l'entour, ces fragmens ne sont plus que des parcelles inégalement répandues dans une pâte de couleur très-blanche, d'un aspect poudreux, d'une consistance friable, où l'on découvre beaucoup de filets ponceux et des cristaux de feldspath réduits en ponce véritable. Enfin les assises de cette brèche sont intercalées de tuf également blanc, disposé en minces feuillets. On en remarque spécialement dans la partie inférieure et sur les bords du ruisseau. Ces brèches renferment des basaltes en prismes et en boules. Ils paraissent déplacés. (Voy. n° 47.)

Le hameau se compose d'une seule maison et de ses dépendances. Il est sur le même terrain, mais entouré des débris du plateau de Langle, n° 24, qui se termine ici.

Élév. absolue en mètres.

102. Pailhoux ; hameau à l'opposite de Prentigarde.. 1082

La hauteur est prise au seuil de la maison principale. Même terrain, renfermant aussi des basaltes déplacés. On les voit dans la coupe du ravin voisin.

103. *Pré du Barbier.* Aux granges supérieures..... 1197

Plateau incliné, faisant le fond du vallon de Pailhoux et s'élevant vers la *Montagne du Barbier* et le Puy *Trigou*, n° 32. Toujours le même terrain, contenant aussi des basaltes ; savoir, ceux de la cascade de *Quéreilh*, n° 48.

104. *Couches ponceuses de la Croix-Morand,* vers la croix et au pied de *Trioulérou* (n° 40), environ. 1360

Tout le fond du bassin de la Croix-Morand est comblé de couches semblables à celles qui constituent le sol du vallon de Pailhoux et du Pré du Barbier. Elles en sont une continuation et communiquent par Prentigarde et les bases du Puy Gros avec les couches de même nature qui se voient à la partie inférieure de la vallée du Mont-Dore. Mais ce terrain, si étendu dans ce sens, est limité ici à l'enceinte de la Croix-Morand. Au-dehors de cette enceinte, c'est-à-dire sur le revers des puys dont elle est environnée, on ne le retrouve plus, ou du moins on ne le trouve point dans des situations correspondantes et à des hauteurs pareilles, comme il arriverait si c'était un dépôt formé par une grande inondation. Il en est de même des basaltes que ce terrain renferme ; toutes les coulées inférieures de la Croix-Morand y sont intercalées, et on ne les voit pas reparaître au revers des puys qui la ceignent.

J'indique ici la plus grande hauteur où les couches ponceuses se montrent à découvert.

105. Diane ; village au revers de la Croix-Morand, sur le chemin de *Murol* (n° 34)..... 1341

C'est le village le plus élevé de la région des Monts-Dores. Son sol

est formé d'une brèche tufeuse, blanche et grossière, divisée en tables, et contenant des fragmens anguleux de porphyre et de feldspath. Elle paraît finement bulleuse, et doit par conséquent avoir été produite par la voie sèche, mais n'en a pas moins une consistance peu ordinaire à ces formations. Je n'y ai point remarqué de scories. Elle diffère entièrement des brèches ponceuses de la Croix-Morand. Au-dessus et au-dessous on retrouve le porphyre.

C. *Vallon de Chaudefour, et vallée du Chambon.*

Élév. absolue en mètres

106. Mounaux, village au pied du Puy de *Chacourdet* (n° 83); à la fontaine..... 1140

La situation de ce village paraît correspondre aux tufs et aux brèches qui se montrent à la base de Chagourdet; mais le sol est couvert de débris étrangers, et le village est dominé par un rocher très-escarpé, que je crois basaltique.

Vertula, autre village voisin de celui-ci et qui en est une dépendance, m'a paru à la même hauteur.

107. *La Dent du Marais*, rocher au-dessus du lac du Chambon (n° 7); sommet du rocher..... 1033
Sa base prise à la *fontaine de la Pucelle*... 930

Immense rocher sur-plombé, dont les vieux débris ont roulé jusqu'aux bords du lac du Chambon et y forment un promontoire en avant de la partie fangeuse qu'on appelle *le Marais* (n° 85). C'est une brèche où sont grossièrement aggrégés des fragmens, les uns à angles vifs, les autres un peu roulés, de porphyre, de basalte, de scories blanches et noires, et même de granit, des cristaux de feldspath tantôt entiers, tantôt brisés, de gros nœuds de pyroxène, etc. etc. Ce rocher fait partie d'une puissante couche de trois à quatre cents pieds d'épaisseur, qui se montre dans la coupe de tous les plateaux circonvoisins, toujours recouverte d'un lit non moins épais de matières blanches pulvérulentes qui ne diffèrent pas des brèches à base de tuf ponceux qu'on rencontre dans toutes les parties des Monts-Dores. La plateau de Pardine (indiqué dans la collection de mes Mémoires, pag. 138, n° 58), fait suite à ces immenses couches

de tuffa et contient des coulées basaltiques, comme les couches de même espèce en renferment aux Monts-Dores.

La *fontaine de la Pucelle* est une petite source qui naît au pied du rocher, et du milieu de ses débris, à 149 mètres au-dessus du lac. Entre cette source et le lac, on rencontre des basaltes qui sont peut-être une partie de la coulée dont on voit les restes bouleversés dans le *marais*.

D. *Vallée de Vandeix.*

Élév. absolue en mètres.

108. FINESTRE; village à l'entrée du vallon, vis-à-vis la *Bourboule* (n° 99)..... 920

La hauteur est prise sur le chemin, à la partie supérieure du village.

109. *Chéz-Sala;* maison isolée, dans la gorge au-dessous de la *Roche de l'Aigle* (n° 96)..... 936

110. VANDEIX; village composé de hameaux épars.

Hameau principal, sur le penchant occidental de *Chamablanc* (n° 18)..... 1121

Chéz-Gendron; maison unique placée du même côté..... 1124

Chéz-Ramade, au pied de la *Roche Vandeix* (n° 71)..... 1113

Moulin de Vandeix, sur le ruisseau qui sépare les hameaux..... 1079

111. *Pont de Vandeix.* Pont sur le chemin de la Tour (n° 72)..... 1126

Le vallon de Vandeix est creusé dans les brèches ponceuses et les tufs qui revêtent ou supportent les plateaux circonvoisins. La grande coulée basaltique, dont la roche Vandeix est un reste, a dû y être originairement renfermée.

En montant des bords de la Dordogne à *Finestre,* on trouve un lit de galets entre les couches ponceuses. J'ai cru reconnaître aussi sur le chemin du village, un rocher de klingstein en décomposition, semblable à

celui de *Legal* (n° 41), et où l'on voit des filons verticaux de basalte scoriacé. Au reste je l'indique de mémoire, et ce fait a besoin d'être vérifié.

A *Finestre*, les brèches ponceuses contiennent des fragmens et des masses de brèche volcanique, du porphyre, des basaltes en boule. Plus loin, et dans la roche de l'Aigle, les assises ponceuses sont traversées, vers le haut de l'escarpement, par une couche épaisse mais très-irrégulière de brèche à gros fragmens, et renferment en outre des quartiers épars de laves diverses, quelques blocs de pierres primitives, et des scories.

Les hameaux de *Vandeix* sont sur le même terrain; il se prolonge dans les bases de toutes les montagnes voisines. En passant le *pont de Vandeix*, on le retrouve sur les deux rives du torrent qui coule au pied du plateau de *Charbonières*.

E. *Vallée de Chastreix.*

Élév. absolue en mètres.

112. La Veysseire; village au-dessous de *Baffaud* (n° 75)..... 1074

Lieu aquatique, comme le sont ordinairement ceux qui se trouvent au bas des coulées de lave. On ne peut reconnaître le sol du village; mais un peu au-dessous, sur le chemin de Chastreix, on voit une couche épaisse de brèche rougeâtre et ferrugineuse, semblable à celle de *Lessard*. Cette brèche est vraisemblablement le support des basaltes de *Baffaud*, et elle s'appuie à son tour sur le granit qu'on voit reparaître au voisinage de Chastreix, n° 73. La Veysseire se trouve au point de contact des basaltes et des brèches.

113. Lessard; hameau. Aux maisons supérieures.... 1114
Maisons inférieures; à la croix..... 1103

Ce hameau est situé à l'extrémité inférieure du plateau des *Bughes* (n° 76), et à la tête de celui de *Labro* (n° 74), sur une couche de brèche qui sépare deux couches de basalte; et il occupe si précisément l'épaisseur de la brèche, qu'il en donne la mesure : cette épaisseur est ici de onze mètres. La coulée basaltique subjacente doit en avoir environ vingt-neuf, à en juger par la position des brèches de la Veysseire indiquées ci-dessus, et la coulée supérieure en aurait quarante-six, si, comme je le

crois, la fontaine du bois de Lessard indique sa limite, en marquant le point de contact entre cette coulée et la coulée superposée (V. n° 77).

Les fragmens qui constituent la brèche de Lessard sont liés si imparfaitement entre eux que souvent ils ne se touchent que par un point. Elle contient beaucoup de scories, des débris de porphyre, et même des blocs de granit peut être torréfiés et tombant en décomposition. Le tout est teint par le fer qui forme, dans les interstices, des oxides diversement colorés, et quelques-uns de ces interstices sont tapissés de fer mamelonné.

§ 5. Montagnes de Domite (1).

Élév. absolue en mètres.

114. Puy de Dome (*Dumum, Duma, Podium Dumense,* de Sidoine-Apollinaire)..... 1476

Petit Puy de Dome. (Voyez ci-après, n° 155.)

La figure du Puy de Dome diffère sensiblement de celle des autres puys domitiques. Il y a des anfractuosités, des rochers détachés et saillans, qui donnent à son profil quelque chose de l'aspect des montagnes primitives. Ce n'est point une cloche comme *Cliersou*, une calotte comme *Sarcouï*, mais plutôt un reste de plateau dirigé de l'est à l'ouest, et irrégulièrement étagé dans ce sens par l'effet de la ruine. Au nord et au sud il est flanqué de volcans modernes ; ces volcans ont lancé des scories sur ses pentes, et l'on n'est pas en peine d'en montrer l'origine ; mais il s'y trouve aussi de gros fragmens de basalte et de porphyre qui lui sont tout aussi étrangers, et l'on ne voit pas de même comment ils y ont été portés. Ce sont tout simplement les débris d'anciennes structures, et notamment d'une chapelle autrefois placée à son sommet. Il n'en est pas moins singulier qu'on ait cherché si loin des pierres quand on en avait si près, et l'on ne sait comment expliquer une pareille bizarrerie, si l'on ne suppose qu'en imaginant de construire un édifice religieux sur une cime de pénible accès, on a fait entrer le transport des matériaux dans les mérites de l'entreprise.

Quoique le Puy de Dome soit construit en entier de domite, il s'en

(1) Voyez les Considérations générales ci-dessus, page 32.

faut beaucoup que sa composition soit uniforme. La montagne semble faite de deux pièces dont l'une offre une roche compacte et dure, l'autre une pierre friable et presque pulvérulente. On rencontre souvent, dans les fissures de celle-ci, du soufre ou mamelonné ou étendu en manière de vernis. Le fer oligiste y est encore plus commun, et on le recueille en belles lames au point de contact des deux sortes de domite. En général, cette pierre, quelle que soit sa consistance, est blanche ou grisâtre ; mais on en rencontre de rougeâtre et de jaune sur la face septentrionale de la montagne. Elle renferme du feldspath, tantôt en grains, tantôt en cristaux, les uns fendillés et frittés, les autres d'un éclat vitreux ; beaucoup de paillettes de mica exagone, souvent bronzé, des aiguilles de pyroxène, et çà-et-là de petits cristaux de titane silicéo-calcaire ; enfin il n'est pas rare de trouver dans la pâte de la domite la plus compacte, des scories de même espèce qui y sont engagées et dont le volume est quelquefois assez considérable.

Le Puy de Dome est le géant de la chaîne. Il s'élève de cinq cents mètres au-dessus de la base commune, et de deux cents au-dessus de ses plus hauts puys. Quand on a imaginé de chauffer ce colosse en place, et de le chauffer au point d'en dénaturer absolument la roche, on n'a probablement pas songé à se rendre compte des dimensions du fourneau ; et lorsque l'incendie n'a laissé d'autre monument qu'une couple de bouches à feu dont la plus considérable s'ouvre à la moitié seulement de la hauteur du puy, il faut convenir qu'il y a peu de proportion entre l'effet et la cause. On ne voit pas là non plus un appareil fumigatoire capable d'imprégner cet immense rocher de vapeurs acides, de l'en pénétrer de part en part malgré sa compacité, et de faire subir à ses moindres parties une altération dont la théorie n'annonce point la possibilité, et dont l'observation ne fournit pas d'exemple. Enfin cette montagne transformée en place, aurait été apparemment une portion du sol qui lui sert de base, et les changemens opérés dans sa texture intime n'auraient pas entièrement effacé les traces de la structure qu'on observe dans son support. Or les roches dont celui-ci est formé se divisent en bancs étroits et redressés, tandis que le Puy de Dome ne montre ni ordre ni continuité dans les fissures dont il est irrégulièrement traversé. S'il y a quelque chose de manifeste, c'est que cette masse est une exubérance totalement étrangère au plateau granitique. Ceux qui ont essayé de la faire sortir des entrailles de la terre par l'effort des gaz élastiques, y ont sans doute été déterminés par ces considérations. Mais n'est-ce pas encore supposer le développement d'une

puissance tout-à-fait disproportionnée avec celle dont les volcans circonvoisins nous donnent la mesure ? A-t-on songé que le soulèvement d'une masse aussi énorme aurait bouleversé le sol jusqu'à une grande distance, jeté le désordre dans les couches dont il est formé, et fait une escarre dont il faudrait nous montrer la trace ? A-t-on assez remarqué, enfin, que le Puy de Dome, loin d'être une production isolée, fait réellement partie d'une longue suite de terrains de même sorte, qu'il tient par sa base à plusieurs montagnes semblables; et croira-t-on plus facile de se figurer tout cela soulevé ensemble, qu'il ne l'est d'imaginer les fumigations ou l'incandescence dénaturant des montagnes de granit placées là tout exprès sur un plateau de niveau très-uniforme, où l'on ne voit pas d'ailleurs une seule montagne de granit ?

Le Puy de Dome se coiffe quelquefois, et même par les plus beaux temps, d'un petit chapeau de vapeurs très-différent des nuages qui s'arrêtent habituellement à sa cime. La forme de ce chapeau est régulièrement convexe, son contour circulaire ; il a toujours une demi-transparence ; ses bords vont en s'amincissant et se perdent insensiblement dans l'air ambiant. On n'observe ce phénomène que sur des montagnes très-dominantes et isolées. Il y a long-temps qu'on l'a remarqué au Mont Pilate dont le sommet se voit de Lucerne et le domine, et cette montagne en a pris son nom, *Mons Pileatus*. Je l'ai souvent observé aussi à la cime du Pic du midi de Bagnères ; et dans le nombre des noms qu'il a anciennement portés, je trouve celui de *Pic Peylade*. On comprend sans peine comment ce petit nuage se forme : c'est l'humidité de l'athmosphère que l'absorption de la chaleur condense autour du sommet, quand la température de celui-ci est inférieure à celle de la couche d'air dont il est environné.

Élév. absolue en mètres.

115. PETIT-SUCHET, appelé quelquefois *Petit-Cliersou*. 1214

(Voyez ci-après le *Grand-Suchet*, n° 156.)

Le *Petit-Suchet* se trouve engagé entre le prolongement septentrional du petit Puy de Dome et le Grand-Suchet, de manière à ne présenter à nu qu'une petite partie de ses deux flancs opposés. Le peu qu'on en aperçoit est taillé à la manière des portions correspondantes du Puy de Cliersou. Sa roche, d'ailleurs, est exactement la même ; mais on ne saurait dire si sa forme générale est pareille.

Élév. absolue en mètres.

116. Cliersou 1217

Ce puy est posé comme une cloche, dont il a exactement la forme, dans l'espace compris entre le Grand-Suchet, le Puy de Côme, et le Puy de Pariou, c'est-à-dire à la bouche de trois des volcans les plus puissans de la chaîne (Voyez nos 156, 159 et 160). Sa situation, son isolement apparent, et sa figure, favorisent donc beaucoup la supposition d'un soulèvement; et ceux qui ont adopté ce système se sont encore appuyés sur des considérations tirées de sa contexture intime, où l'on n'aperçoit ni couches, ni bancs réguliers, ni pièces séparées : c'est une masse continue et coulée d'un seul jet. Mais la constitution de Cliersou prouve seulement que sa roche est étrangère au sol qui le porte, tandis que son isolement actuel et sa figure ne prouvent pas du tout qu'il ait été originairement fait tel que nous le voyons aujourd'hui. Cette montagne tient de si près au Petit-Suchet, qu'il est difficile de ne pas regarder comme accidentelle l'étroite coupure qui les sépare. Les deux puys ont la même hauteur, leurs roches sont parfaitement semblables, et, la séparation une fois effectuée, celui des deux qui s'est trouvé isolé a pu s'arrondir très-régulièrement par le seul effet de la dégradation successive de ses parties anguleuses; dégradation qui ramenait nécessairement à des formes circulaires une masse homogène, indivise, que les causes de destruction attaquaient uniformément sur tout son pourtour. Le rocher de Cliersou a dû même céder très-promptement à l'érosion qui tendait à le façonner ainsi, car il est formé d'une domite légère, poreuse, perméable à l'eau, et l'expérience prouve qu'exposée à l'air libre, elle ne résiste point à la vicissitude des saisons. Sa propriété absorbante convenait parfaitement aux sarcophages : on l'a beaucoup employée autrefois pour les sépultures; et c'est là l'origine des cavernes artificielles dont sa partie supérieure est criblée. Au reste, si cette domite varie peu en contexture, elle varie beaucoup en couleur. Il y en a d'un rouge ochreux très-décidé; mais d'ailleurs elle ne diffère en rien de la domite légère du Puy de Dome, et contient de même du feldspath, du mica, du titane silicéo-calcaire; seulement le mica s'y trouve en paillettes moins régulières, et le titane est beaucoup plus rare que dans la domite dure.

117. Le Grand-Sarcouï..... 1158

(Voyez le *Petit-Sarcouï* ci-après (n° 165.)

Ce puy est arrondi et obtus comme celui de Cliersou, mais il a beaucoup plus de volume sans avoir plus de hauteur au-dessus de sa base. Il en résulte que sa forme est moins celle d'une cloche que d'une calotte déprimée à sa partie supérieure; et les habitans du pays le dépeignent très-bien en le comparant à un cul de chaudière. Du reste les deux puys se ressemblent en tout point; ils sont l'un comme l'autre d'une seule pièce. La roche est pareille, et on l'employait de même. Sarcouï est également percé d'excavations faites de main d'homme, pour l'extraction des sarcophages : on en aperçoit encore des ébauches en place, et le nom que porte la montagne dérive de l'usage auquel sa pierre a été long-temps consacrée. Vers le sommet on a reconnu des parties de cette pierre où elle est d'un beau jaune, et exhale, par le frottement, une assez forte odeur d'acide muriatique oxygéné. Le haut de la calotte est une vaste plaine revêtue de gazon et parsemée de scories appartenantes à un volcan moderne. Celui qui les a lancées n'est pas loin : on l'appelle le *Petit-Sarcouï;* c'est un croissant qui embrasse le Grand-Sarcouï du côté du levant. Il est naturel d'y voir un segment de cratère : on a supposé qu'il avait dû être autrefois complet, et l'on n'a pas manqué d'en faire surgir le Grand-Sarcouï comme un carpobole de son enveloppe. Mais il reste à savoir si ce cratère a jamais embrassé en entier le contour de la montagne; si ce n'est pas le rocher de Sarcouï lui-même qui a mis obstacle à son développement; si enfin les protubérances de domite que l'on voit au revers de ce même cratère, ne déposent pas de la préexistence d'un vaste terrain domitique, originairement continu, puis divisé par le volcan dont l'explosion aurait laissé d'un côté le lambeau qui a échappé à son action, et de l'autre, la masse qui lui a résisté.

Le Puy Chopine donne lieu à des questions pareilles, si toutefois le Puy de la Goutte, qui le ceint de même, est véritablement une portion de cratère. (Voyez Chopine, n° 119, et *Puy de la Goutte*, n° 167.)

Élévation en mètres.

118. *Protubérances de domite*, au revers du Petit-Sarcouï; élévation moyenne..... 920

Ces protubérances sont semées au nombre de douze ou quinze, dans la petite plaine située à l'orient des deux Sarcouï, tout près de leurs bases et comme au débouché du ravin qui sépare les deux puys. Cette situation pourrait induire à les regarder comme des déblais du Grand-Sarcouï.

et même plusieurs de ces petits tertres étant en ruine, ne semblent formés que de débris entassés. Mais d'autres présentent manifestement le roc en place, et quelques-uns ont des dépressions circulaires qui ne paraissent pas des excavations faites de main d'homme. Je regarde ces protubérances comme les saillies d'une couche de domite, recouverte par le terrain cultivé.

Élév. absolue en mètres.

119. Le Puy Chopine, autrement *l'Escorchade*..... 1192

(Voyez le *Puy de la Goutte*, n° 167.)

Le Puy Chopine se fait remarquer de loin par une forme tout-à-fait étrangère à celle des puys de la chaîne volcanique. Il est irrégulier et oblique; ses pentes sont roides et ses contours carrés. De grandes déchirures, qui l'escarpent à l'est et au sud, lui ont valu le nom trivial de l'*Escorchade*. La dénomination non moins triviale de *Chopine*, lui vient de la teinte lie-de-vin dont une partie de ses déchirures est colorée. Sa composition n'est pas moins singulière que sa figure : c'est un mélange confus de roches primitives et de laves anciennes; les unes saines, les autres plus ou moins altérées par le temps, le feu ou les vapeurs acides. Ce bizarre assemblage s'élève brusquement et sans préparation, élargi seulement à sa base par des attérissemens formés de ses propres ruines, et ceint, de l'ouest au sud, par la montagne des Gouttes qui a l'apparence d'un segment de cratère, et d'où quelques-uns le font sortir, comme le Grand-Sarcouï du Petit-Sarcouï. Mais c'est déplacer la difficulté et non la résoudre. Qu'on soulève ce rocher ou qu'on le culbute; qu'on le renverse et le retourne comme l'on veut : il n'en reste pas moins à expliquer ce qu'il s'agit d'expliquer; à nous faire concevoir comment se sont rencontrées et comment se sont enchevêtrées les matières qui le composent; à nous dire, s'il se peut, laquelle de ces matières joue le rôle d'excipient ou de pâte dans cette immense brèche. Feu Laizer a décrit le Puy Chopine avec un soin extrême (1); et, sa description à la main et ses dessins sous les yeux, on a peine à s'y reconnaître. Les escarpemens sont d'un accès trop difficile, les débris qui couvrent les bases, le gazon dont les pentes sont revêtues, dérobent trop de choses à l'observation, pour qu'il soit aisé de se former une idée générale de l'arrangement et de la subordination des matières. Dans le nombre des roches et des laves di-

(1) Lettre à M. le professeur Jurine, Clermont 1808.

versement modifiées qu'on y rencontre, et que Laizer n'a pas toujours bien nommées, quoiqu'il eût des connaissances lithologiques très-étendues, je remarque, 1° un *grunstein* grenu, qui paraît constituer une partie du sommet et que l'on retrouve dans les escarpemens, à diverses hauteurs; 2° un véritable *gneiss* à grains fins, que le même auteur désigne sous le nom de roc gris, et qui se présente à la partie moyenne des déchirures; 3° la *domite* sous diverses formes; savoir : au sommet, la variété dure, soit blanche, soit grisâtre, en fragmens épars; puis la domite ordinaire, en place, sur toute la face méridionale de la montagne, et spécialement vers le milieu de sa hauteur; un peu plus haut, une domite rouge très-altérée et qui paraît être au nombre des bols, n° 13, du même ouvrage; 4° un *basalte* bien caractérisé, contenant du pyroxène et du péridot; j'ai trouvé celui-ci vers la partie inférieure des déchirures; 5° près du sommet et un peu au-dessous, un autre basalte teint en rouge, très-fendillé et dont les fissures sont tapissées d'épaisses dendrites de fer oligiste : Laizer le regarde comme un trapp altéré, et il a peut-être raison. Ce naturaliste indique aussi des granits et des porphyres que je n'ai pas eu occasion d'observer, et une multitude de modifications des espèces principales sur lesquelles il est inutile d'insister ici. Ajoutons seulement qu'une partie des roches primitives paraissent avoir conservé, quant à leur direction et à leur inclinaison, la disposition que l'on remarque dans les bancs dont le plateau granitique est formé; qu'ainsi elles semblent être demeurées dans leur assiette originaire; qu'en conséquence il n'y a pas lieu de supposer un soulèvement ou une évolution quelconque de la masse du Puy Chopine, et qu'on est fondé à regarder l'interposition de la domite et du basalte comme un accident survenu à la surface du sol. Dès-lors, sans prétendre précisément expliquer les circonstances particulières de cet accident, on se représenterait assez bien l'ensemble du puy, en se figurant un filon où des laves anciennes auraient rencontré des blocs de roches primitives, suspendus entre des feuillets subsistans de ces mêmes roches, et en supposant qu'un lambeau de ce filon est demeuré debout après l'écroulement et la dispersion de ses parois.

Elév. absolue en mètres.

120. *Terrain domitique*, entre le Puy Chopine et celui de Louchadière (n° 174); environ..... 1000

L'intervalle considérable qui sépare le Puy Chopine et celui de Lou-

chadière est l'une des plus grandes lacunes de la chaîne volcanique. En quelque sens que l'on parcoure la plaine intermédiaire, les déchirures du gazon montrent la domite en place. L'étendue de cette plaine, et la distance où se trouvent les volcans, excluent également l'idée de l'action de ceux-ci et du soulèvement de celle-là. On est en droit de regarder ce terrain comme intact, et cette considération n'est pas de petite importance pour l'histoire de la formation domitique.

§ VI. Volcans modernes (1).

A. *Ligne méridionale, à partir du Puy de Dome.*

Élév. absolue en mètres.

121. Le Petit-Sault ; sous le Puy de Dome, à l'ouest. 1042

122. Le Grand-Sault ou *Puy d'Alagnat ;* continu avec le précédent..... 1091

Ces deux puys sont contigus et constituent réellement une seule montagne à deux sommets, séparés par une légère dépression. L'herbe épaisse dont ils sont revêtus ne permet guères d'en observer la nature ; seulement on y remarque beaucoup de menues scories, entremêlées de fragmens de domite. Ceux-ci sont même en quantité dominante dans le Petit-Sault ; mais du côté de l'ouest on voit des scories ordinaires en grand nombre, et il semble qu'il y ait eu éruption de ce côté.

123. Puy de Besace, entre le Grand-Sault et *Montché* (n° 126)..... 1126

Il touche, du côté du nord, au Grand-Sault ; du côté du midi, à Montché, et semble sortir d'un grand cratère appartenant au Puy des *Gromanaux*, qui l'enceint au sud-est. A sa base septentrionale on remarque des fragmens de lave et des scories ; et jusqu'au sommet, des quartiers de lave grise très-compacte, quelques éclats de granit, et des parcelles de domite. Du reste il est couvert d'herbe comme les précédens, et l'on ne peut en observer de plus près la constitution.

Le chemin de *Seyssat* passe entre ce puy et celui de *Salomon*, n° 125.

---

(1) Voyez les Considérations générales ci-dessus, pag. 40.

Élév. absolue en mètres.

124. Puy des Gromanaux ou de *Manson*, tenant aux bases septentrionales du Puy de Dome..... 1145

La base de ce puy est manifestement un prolongement de celle du Puy de Dome; et, dans la montagne entière, c'est la domite que l'on rencontre en plus grande quantité. Sa surface est toute gazonnée, mais on y remarque une douzaine de creux plus ou moins profonds, qui peuvent avoir été autant de soupiraux et d'où procède peut-être une partie des scories qui se mêlent aux fragmens de domite. Au reste le cratère principal paraît avoir été au nord-ouest, et la montagne forme de ce côté un vaste croissant qui embrasse le Puy de Besace ci-dessus, n° 123.

Il y a apparence qu'une lave qui cotoie le Puy de Dome, et en relève la base du côté du bois, tire son origine du Puy des Gromanaux. Dans ses parties denses on aperçoit du péridot, et alors elle a l'apparence tout-à-fait basaltique.

125. Puy de Salomon, entre les *Gromanaux* et *Montché*..... 1169

Cette montagne fait le triangle avec les deux montagnes entre lesquelles elle est placée. De profondes coupures la séparent de l'une et l'autre. Du côté de l'orient, elle a un vaste cratère ébréché au nord. Du reste ce puy est entièrement gazonné, et l'on ne saurait en examiner la structure; mais les fragmens de domite y sont dominans en nombre.

126. Montché ou Montchié, au sud et à côté des *Gromanaux* (n° 124)..... 1119

Profondeur du cratère septentrional, 104^{m}.

Un cratère peu profond, au sud; un autre peu profond aussi, mais plus vaste, au couchant; un troisième, d'un vaste circuit et d'une grande profondeur, au nord. Par-tout des fragmens de domite et quelques morceaux de granit, mêlés aux débris de lave basaltoïde poreuse. Dans les scories qui appartiennent à ce dernier ordre de laves, des cristaux de pyroxène très-sains et très-réguliers. La domite est plus abondante autour des cratères de l'ouest et du sud. Il y a des fragmens de granit jusqu'au sommet. Le grand cratère est gazonné comme toute la montagne : on ne peut en reconnaître la structure intérieure; mais il y a lieu de croire

que le volcan a éclaté à travers la domite. Il en est probablement de même de tous les précédens, et peut-être aussi de plusieurs de ceux qui suivent.

Élév. absolue en mètres.

127. Puy de Laschamp..... 1279
Laschamp, village, à l'église..... 984

Le *Puy de Laschamp* est le plus élevé et le plus considérable des puys volcaniques de cette région, mais l'un de ceux qui porte le moins les marques extérieures de son origine. Il est tout gazonné et en partie couvert de bois. A peine aperçoit-on un cratère, si ce n'est une excavation latérale au nord; et l'on ne sait dire précisément où va la lave. Sur la pente orientale du puy et tout le long de la plaine adjacente, on trouve la domite en fragmens et même en quartiers assez volumineux.

Le *village de Laschamp* est bâti sur une lave profondément enfouie et qu'on ne découvre qu'à la faveur d'une excavation entreprise pour extraire de la pozzolane et du moëllon. Cette lave est grise et contient beaucoup de feldspath, soit combiné à sa pâte, soit en petits cristaux distincts. A en juger d'après la disposition et les reliefs du terrain, elle peut procéder du Puy de Laschamp, ou plus probablement encore du *Puy de Mercœur*, n° 131, et peut-être de tous deux.

128. Puy de Lamoréno, tenant au puy de Laschamp du côté du nord-ouest..... 1179
Passage de Lamoréno, point culminant de la grande route de Bordeaux..... 1075

Ce puy, tout couvert d'herbe, est difficile à examiner. Un croissant, qu'il forme au sud-ouest, indique un cratère. Quelques déchirures montrent les scories mêlées de fragmens de domite cariée.

La route passe entre les Puys de Lamoréno et de Laschamp, d'une part, et le Puy de Montché, de l'autre.

Je me conforme à l'usage, en nommant ce puy et l'écrivant *Lamoréno*. L'abbé Delarbre l'indique sous le nom de *Mont-Reynou*. Rien de plus difficile que de bien entendre des mots qui n'ont point de signification précise, quand ils appartiennent à un idiôme parlé et non écrit, dont les articulations nous sont très-étrangères : l'usage, d'ailleurs, les corrompt de mille manières. L'abbé Delarbre peut avoir raison, quoiqu'il

écrive souvent fort incorrectement des noms propres qu'il devait mieux entendre que nous; mais, en général, il ne faut pas beaucoup se fier ici aux restaurations proposées par les lettrés, car il n'y a guères de pays où l'on ait autant tourmenté les mots pour y trouver des étymologies.

Élév. absolue en mètres.

129. MONTCHAR, au sud de Lamoréno, et joignant le Puy de Laschamp..... 1199

Montagne très-gazonnée. On voit des scories dans les déchirures, et de grands blocs de granit jusqu'aux deux tiers de la hauteur. Il paraît qu'il y a là une éminence granitique très-saillante, qui traverse les bases du Puy de Laschamp, et forme la côte par où ce puy se lie à celui de Montchar.

130. PUY DE BARME; isolé, à l'occident de la chaîne des puys..... 1115

Cratère du sommet, profondeur, 44 mètres.

Ce puy est entièrement détaché de la chaîne et se montre seul à l'ouest. Il a trois bouches très-considérables et alignées dans la direction du N. E. au S. O. C'est un des volcans qui doit avoir agi le plus puissamment, et dont cependant on aperçoit le moins les laves. Elle sont enfouies sous la terre végétale, comme toutes celles des puys que nous avons précédemment indiqués.

Le cratère du sommet est divisé en deux par une saillie qui en forme le diamètre. Il a conservé ses murailles du côté du sommet principal. Le second cratère, profond d'une trentaine de mètres, est plus bas d'un étage, et tout gazonné. Le troisième, qui correspond au sommet inférieur, est le plus considérable, et s'enfonce jusqu'au pied de la montagne; mais il est entièrement renversé et ouvert du côté où sa lave s'est épanchée.

On trouve des fragmens de domite parmi les scories; mais beaucoup moins que dans les volcans voisins.

131. PUY DE MERCOEUR, entre le Puy de *Laschamp* (n° 127), et celui de *Lassola* (n° 137)..... 1262

Un petit cratère oblitéré sur le flanc de la montagne, au nord : une nappe de lave en sort. Elle pourrait être l'origine de celle qu'on découvre sous le village de Laschamp, n° 127.

Élév. absolue en mètres

132. Puy de Pourcharet, au couchant des puys de Laschamp et de Mercœur..... 1184

Grande et belle montagne, détachée des autres, et d'un aspect remarquable. On trouve à son sommet un cratère assez vaste, mais peu profond, et dont le bord est échancré vers le sud. Sa lave paraît s'être réunie à celles de *Montjughat*, n° 134, et de *Montgy*, n° 135, pour se diriger avec elles du côté du couchant. On ne peut proposer à cet égard que des conjectures : tout est enfoui sous la terre végétale.

Ce puy est indiqué et nommé dans la partie de la carte de M. Desmarets qui nous est connue ; mais il paraît y avoir erreur sur sa position. Quant à la carte de Cassini, les noms de *Pourcharet*, *Montjughat* et *Montillet*, me semblent transposés.

133. Montillet, vis-à-vis le col qui sépare les puys de Laschamp et de Mercœur..... 1103

C'est un vaste croissant, à bords peu élevés, ouvert au couchant, et tournant le dos au col qui sépare les deux Puys de Laschamp et de Mercœur, n^os^ 127 et 131. Il y a lieu de croire que c'est le reste d'un immense cratère ; mais il est difficile de constater s'il en a réellement la structure intérieure, et l'on n'y voit rien qui indique s'il y a un courant de lave.

134. Montjughat ou *Montjuzat*, (peut-être *Mons-Jovis*)..... 1167

Montagne isolée au sud de *Pourcharet* et à l'ouest de *Mercœur*. Son sommet présente un des plus beaux cratères de la chaîne. Il est très-profond, et son bord d'une régularité parfaite. Sa lave paraît se réunir à celles de Pourcharet et de Montgy, plutôt qu'aux laves des Puys de Lassola et de la Vache, comme quelques-uns l'ont avancé.

135. Montgy ; à l'occident du Puy de *Laschamp* (n° 127)..... 1156

Autre montagne tout-à-fait isolée, ayant un cratère ébréché du côté du sud. Sa lave paraît se réunir à celle de *Montchal*, et se diriger avec elle au couchant.

136. Montchal, au sud du précédent..... 1103

On passe au pied de ce puy, lorsqu'on va de Clermont au Mont-Dore par la Croix-Morand, et c'est le dernier des puys volcaniques que l'on rencontre. Il est tout gazonné et en partie boisé; mais ses écorchures mettent les scories à découvert. On y remarque un grand cratère échancré du côté du nord. Les étymologistes ont profité des caprices de la prononciation pour en faire *Montchau*, et venir à *Mont-Chaud*.

Il y a quelque incertitude dans ma mesure : je n'ai pas eu occasion de la vérifier.

Élév. absolue en mètres.

137. Puy de Lassola ou *de la Gravouse*, attenant aux puys de *la Vache* et de *Mercœur*..... 1203

Du côté du nord, ce puy est gazonné. L'on y reconnaît toutefois un reste de cratère, d'où sort une lave qui se confond avec celles que les puys limitrophes versent au couchant, et dont la réunion forme un plateau élevé au-dessus de la plaine occidentale. Mais c'est au sud que l'appareil volcanique se présente à nu, dans la section d'un énorme cratère dont le bord est entièrement culbuté du côté qui regarde le Puy de la Vache, et pousse à la rencontre de la lave de celui-ci, une puissante coulée qu'on voit sortir en bouillonnant, et tomber en cascade de sa partie moyenne.

138. Puy de la Vache..... 1186

Profondeur du Cratère, prise au culot de la lave jaillissante, 153^{m}.

Immense cratère, dont le puy n'est qu'un segment, et dont le bord s'est écroulé en entier du côté où la lave s'est fait jour. Ici comme à Lassola, tout se montre à découvert, et l'on prend, en quelque sorte, l'éruption sur le fait. Les murailles du cratère, conservées jusqu'au haut de son enceinte, marquent le point où le bain de matières fondues s'est élevé avant que son poids lui ait ouvert une issue; et, au fond de l'entonnoir, on voit la cheminée du volcan indiquée par la calotte de lave qui en bouche l'orifice. La nudité des parois intérieures, la fraîcheur des scories, la couleur ardente que ces antiques ruines ont conservée, attirent de loin les regards, quand on aborde la chaîne par sa face occidentale. Les Puys de la Vache et de Lassola sont des premiers que l'on visite : tout le monde en a recueilli les principaux produits : le fer oli-

giste, dans une lave décomposée; le soufre, dans une scorie décolorée par les vapeurs acides, et contenant en outre du feldspath réduit à l'état ponceux : et l'on ne manque guères de parcourir, au moins en partie, le vaste courant de lave que ces deux puys ont fourni en commun, et qui est l'un des plus âpres et des plus arides de la chaîne.

Plusieurs puys voisins peuvent avoir fourni également leur contingent au bain de lave d'où le courant procède. Cela me paraît certain en ce qui concerne le Puy de Vichatel, n° 142. Le courant, d'abord très-large et flanqué de vastes amas de pozzolane, commence par élever une large digue entre les lacs d'Aydat et de la Cassière, puis se resserre en descendant vers la vallée de Saint-Amans, et se termine à Tallende, après avoir parcouru un espace de quinze à seize mille mètres sur une pente totale d'environ 680 mètres. Voyez ci-après le nivellement de son cours.

Élév. absolue en mètres.

139. *Trajet de la lave des puys de la Vache et de Lassola.*

Naissance de la lave du Puy de la Vache, au fond de son cratère..... 1033

Lac de la Cassière, au niveau de l'eau..... 873

Lac d'Aidat, au niveau de l'eau..... 850

Le village est à 4^{m} au-dessus de l'eau. (Voy. n° 149.)

Le Ponteix, village ; hauteur prise au ruisseau près les moulins..... 764

Saint-Saturnin, gros bourg ; dans la cour du château..... 536

Saint-Amans-Tallende, petite ville; à la porte de l'église..... 465

Au-dessous de Saint-Amans, la lave parcourt encore un espace d'environ mille mètres, et finit à Tallende.

Aux environs du Ponteix, j'ai observé que la lave répandait une forte odeur de pissasphalte, quand elle était échauffée par le soleil. Cela n'est pas ordinaire aux laves modernes, mais cette odeur se manifeste fréquemment dans les coulées basaltiques. Je l'ai remarqué à Montredon, n° 222,

et à la tête de la serre de Fontfredde, autour du cap de Prudelles, n° 214, à Saint-Genès-Champanelle, n° 215, et quelquefois même sur le granit nu qui est voisin des basaltes, et qui a servi de support à des coulées actuellement détruites. Cependant, lorsqu'on cherche à reconnaître d'où cette odeur procède, on ne la retrouve plus dans les fragmens détachés, soit de ces laves, soit de ces basaltes, soit de ces granits, et on ne saurait l'y développer ni par l'échauffement, ni par la percussion. Elle ne se rend sensible que dans les grandes masses.

Élév absolue en mètres.

140. Puy de la Meye ou *Puy Noir*, (adossé au Puy de Lassola ci-dessus)..... 1152

Sa base prise au chemin qui passe dans l'ancien cratère et au niveau de son fond..... 973

Ce puy n'est qu'une bouche latérale du Puy de Lassola, qui n'est probablement lui-même qu'une dépendance du Puy de la Vache, et l'on peut regarder ces trois montagnes comme un seul volcan qui s'est ouvert successivement plusieurs bouches. Le cratère de *la Meye* est entièrement renversé du côté du levant, et son fond est de niveau avec la plaine. Le chemin dont j'ai fait mention passe sur ce fond même, et dans une coupure de la lave qu'il a vomie. On voit donc que ce cratère avait 179 mètres ou 551 pieds de profondeur. La lave part environnée d'épaisses couches de pozzolane, et parcourt un espace d'environ douze mille mètres, parallèlement au courant issu du Puy de la Vache. Ainsi, le Puy de la Meye, quoique le moins élevé et le moins apparent du groupe, a fourni une des coulées les plus considérables de la chaîne. Voyez ci-après le nivellement de son cours.

141. *Trajet de la lave du Puy de la Meye.*

Naissance de la lave, environ..... 980

Fontfredde, village; hauteur prise au four banal..... 853

Theix, village; à la porte d'entrée du château. 821

Le village est bâti partie sur la lave et partie sur le granit.

Channonat, bourg; à l'église..... 510

Élév. absolue en mètres.

Au pont, sous le domaine de *Varvasse*. 488

La lave s'étend encore douze cents mètres plus loin et finit à *Julliat*.

142. Puy de Vichatel, le premier du groupe au sud de celui du Puy de la Vache.

Au sommet formant le bord supérieur du cratère..... 1107

Au bord inférieur du cratère..... 1041

Profondeur du cratère à compter du sommet, 86 mètres.

Le groupe, dont ce Puy fait partie, est séparé de celui du Puy de la Vache par un assez grand intervalle. On remarque de loin le cratère oblique, mais complet et régulier, qu'il présente au nord-est. Ce cratère a mille mètres de circuit. Son obliquité est telle que la profondeur, à compter du bord inférieur, n'est pas le quart de la profondeur totale. La lave a frayé son issue fort au-dessous du fond actuel de l'entonnoir. Elle est d'un volume très-considérable, et d'une aspérité commune aux laves de cette région. On la voit se confondre avec les coulées des puys de la Vache et de Lassola. (N^os^ 137, 138.)

143. Puy de Charmont, à la suite du précédent.... 1150

Vaste cratère dont le bord est échancré et culbuté du côté du sud. Il est en partie gazonné, mais les scories sont mises à nu par de grandes déchirures. Sa lave paraît rejoindre celle du Puy de la Rodde.

144. Puy de la Rodde, à la suite du Puy de Charmont. 1146

Un cratère médiocre, écroulé du côté du sud. Ses scories renferment des pyroxènes en très-beaux cristaux. La lave descend jusqu'au village d'Aidat, et forme une partie du bassin de son lac. (Voyez Aidat, n° 149.)

145. Puy de Chalard, sur le flanc septentrional du Puy de la Rodde..... 1073

Le nain des puys volcaniques et le plus régulier de tous. C'est une cheminée latérale du Puy de la Rodde. Il n'a de ce côté que quelques mètres

de haut. Son cratère, parfaitement circulaire, a soixante-quinze mètres de tour sur deux ou trois de profondeur. Il sort d'un autre cratère qui lui fait bordure, et qui paraît sortir lui-même d'un troisième, dont on aperçoit un reste du côté du nord. Ce volcan en miniature est l'un des plus curieux objets de la contrée.

Il y a un autre Puy de Chalard, à l'extrémité septentrionale de la chaîne.

Élév. absolue en mètres.

146. Puy de la Touppe ou *de la Taupe*, derrière le Puy de Charmont, à l'ouest..... 1085

Entièrement gazonné. Un cratère oblitéré et ébréché au nord. Ses scories contiennent des cristaux de pyroxène, comme celles du Puy de la Rodde et de tous les puys de ce groupe.

147. Puy de Broussou, au sud de celui de la Touppe. 1074

Un cratère superficiel et oblitéré, ouvert au nord. Scories contenant des cristaux de pyroxène.

148. Puy de Combegrasse, contigu au Puy de Rodde, du côté du nord-ouest..... 1134

Il paraît être celui qui est indiqué dans la carte de Desmarets, sous le nom de *Puy de Pome*. Le mot *combe* a, dans ce pays, la même signification que *coume* dans les Pyrénées, et s'applique à des pâturages élevés.

Ce puy n'est qu'une bouche latérale du Puy de la Rodde, n° 144, et sa lave est constituée de même. Elle contient du pyroxène et du péridot. La première de ces substances se rencontre jusque dans les scories, en cristaux bien caractérisés. La coulée principale paraît se diriger vers l'occident avec celles de Broussou et de la Touppe. Il y a, au reste, bien de l'incertitude sur le cours de plusieurs de ces laves, qui se cachent dans leur trajet sous des couches épaisses de terre végétale. Je renvoie à l'article suivant les villages qui m'ont paru placés sur quelques-unes d'entre elles.

149. *Fontclairan*, village au pied du Puy de Charmont (n° 143)..... 956

La hauteur est prise sur le chemin, à la Croix. Ce village m'a paru bâti en partie sur une lave procédant du Puy de Charmont, et en partie sur les granits et les syénites qui séparent cette lave de la coulée du Puy de la Rodde.

Élév. absolue en mètres.

Sauteyras, village sur les bords du lac d'Aidat (n° 139)..... 866

Hauteur prise sur le chemin, aux maisons supérieures. Je n'ai pas assez examiné la lave qui en constitue le sol pour décider si elle appartient à la coulée de la Rodde ou à celle de la Vache. Il y a plus de probabilité pour la dernière.

Aidat, village, à la tête du lac de ce nom (n° 139)..... 854

On croit qu'Aidat est l'*Avitacum* de Sidoine-Apollinaire. La hauteur est prise dans le cimetière, et correspond à l'église. Point de doute ici : le village est en entier sur la lave de la Rodde, belle lave très-noire, contenant du péridot et du pyroxène, mais presque toute bulleuse, et n'ayant que très-peu de parties compactes. Elle concourt de ce côté à former le bassin du lac. A l'opposite, c'est la lave du Puy de la Vache qui en constitue la digue, et sépare ce beau lac de celui de la Cassière. Le reste de son circuit est formé de granits très-variés, où l'on trouve une belle suite de syénites. Au-dessus il y a quelques basaltes : on en voit un lambeau à *Poudure*, n° 223.

La Garendie, village au pied des puys de la Rodde et de Combegrasse (n^os^ 144 et 148).... 1025

La hauteur correspond à l'angle oriental du village ; c'est à-peu-près sa partie moyenne. La lave qui constitue le sol paraît dériver de Combegrasse, et j'ai cru voir qu'elle retournait de l'ouest à l'est par le sud, pour se réunir à celle du Puy de la Rodde. Au reste, je m'en rapporte à ceux qui ont eu plus que moi le loisir d'examiner la topographie de ces laves.

150. Le Puy de l'Infau, c'est-à-dire le *Puy d'Enfer*, à l'ouest de la Rodde (n° 144)..... 1097

La Narse d'Espinasse, fondrière, à la base méridionale du Puy..... 1002

Voyez ci-après, n° 152, le village d'*Espinasse* qui domine la Narse et lui donne son nom.

Le Puy de l'Infau est à peine proéminent au-dessus de la plaine qui

sert de base à ceux de Combegrasse et de la Rodde; mais il se présente sous un aspect imposant du côté du sud où il est coupé presque à pic, et domine immédiatement ce qu'on appelle la *narse d'Espinasse*. Le mot *narse* est le terme qui désigne ici les fondrières qui sont très-communes soit au pied, soit sur la croupe de ces montagnes. Celle-ci a beaucoup d'étendue, une circonscription à-peu-près circulaire; elle n'est autre chose que le fond du cratère, comblé d'eau et couvert d'herbes qui se plaisent aux lieux inondés, et l'escarpement du puy est la portion subsistante de ce cratère. Sa structure est très-remarquable et présente deux sortes de déjections qui ne doivent pas être confondues.

On trouve d'abord au sommet et le long de l'escarpement, des scories rouges contenant des cristaux de pyroxène, comme toutes celles de cette région, et des portions d'une lave rougeâtre, compacte et lourde, renfermant aussi du pyroxène noir et vert, et du péridot granuliforme. Il y en a des morceaux où la lave a enveloppé des fragmens de diverses pierres.

Ensuite, on rencontre, par le travers de l'escarpement et dans sa partie moyenne, des couches d'un basalte gris, moucheté, très-lourd, quoiqu'un peu bulleux, renfermant du pyroxène en petite quantité, mais beaucoup de péridot, et se débitant en parties anguleuses.

Enfin, on remarque des masses de scories agglutinées, et dans ces scories d'autres scories et des fragmens de pierres non scorifiées. A mesure que ces masses se décomposent, elles représentent certaines *wakkes* des terrains basaltiques, et beaucoup de celles-ci ne sont probablement pas autre chose.

Il y a grande apparence que le volcan a éclaté sous une couche de basalte, et que sa cheminée l'a traversée. Les laves basaltiques demeurées en place, et dont la section se montre au pourtour intérieur du cratère, sont les restes de cette couche. Quant aux brèches de scories qui se réduisent en *wakke*, elles appartiennent sans doute au même système.

J'ignore si ce puy a fourni un courant de lave.

Élév. absolue en mètres.

151. Puy de Monteynard. Entièrement isolé au midi des précédens..... 1190

Ce volcan paraît avoir puissamment agi, et son cratère a peut-être été double. La montagne est échancrée de deux côtés, au levant et au couchant, et la rencontre des deux excavations donne à son sommet la forme

d'une selle. On aperçoit un très-grand courant de lave dirigé d'abord au sud-ouest, et tournant ensuite vers le levant. Il ne se fait reconnaître qu'au relief du sol, car il est recouvert de terres cultivées. Il y a vraisemblablement d'autres courans enfouis, car on rencontre dans la coupure des vallées voisines plusieurs portions de laves qui semblent descendre de ce puy, et d'ailleurs sa base offre un renflement certainement étranger au plateau, et formé par les déjections quelconques du volcan ; mais on n'a ici que les formes extérieures du terrain pour guider son estime, et comme toutes les laves de cette contrée se ressemblent, on ne sait jamais précisément d'où procèdent celles qui se montrent accidentellement au jour. Les scories du Puy de Monteynard prouvent en effet que sa lave ne diffère pas de celles des puys de la Rodde, de Combegrasse, de l'Infau, etc. Elles renferment de même des cristaux de pyroxène. On y trouve aussi du péridot en grains très-brillans.

Je réunis sous le numéro suivant quelques-uns des villages de cette région.

152. *Zanière,* village au pied du Puy de Monteynard. 1051

La hauteur est prise au niveau des maisons supérieures. Ce village paraît situé sur la croupe d'une lave issue de Monteynard.

Sauzet-le-froid, village, entre Zanière et l'Espinasse 1058

La hauteur correspond à l'église qui est placée sur une éminence, au pied de laquelle le village est bâti. Cette éminence est formée par une lave en grande partie scorifiée, et tombant en décomposition, mais dont les parties compactes sont très-lourdes, extrêmement chargées de pyroxène, et tout-à-fait basaltoïdes. Il est difficile de dire d'où vient ce courant, et même à quel ordre de déjections il appartient ; mais ses caractères portent à le regarder comme un lambeau de lave ancienne.

Élév. absolue en mètres.

L'Espinasse, village au-dessus de la Narse (n° 150). 1057

La hauteur est prise au niveau des maisons supérieures, c'est-à-dire sur une éminence qui est formée de lave basaltoïde, abondante en pyroxène et en péridot, et ayant beaucoup d'analogie avec celle de Sauzet-le-froid. Elle paraît de même d'ancienne origine, et ne procède certainement pas du *Puy de l'Infau ;* mais comme elle est à-peu-près de ni-

veau avec la couche de basalte qui traverse le cratère de ce puy, il serait possible qu'elle en fît partie, quoiqu'elle ne lui ressemble guères.

Cette contrée offre une confusion inextricable de laves anciennes et modernes. Entre Sauzet et l'Espinasse on trouve des blocs erratiques de basalte ordinaire et de laves basaltoïdes plus ou moins denses ou cellulaires, plus ou moins chargées de pyroxène ou de péridot; des quartiers d'une roche entièrement formée de petits cristaux de pyroxène, à peine séparés par des grains de feldspath, et contenant aussi quelques cristaux microscopiques d'amphibole; des scories de diverse origine, des portions de *wakke*, et tout annonce que ce sol, bouleversé par l'explosion des volcans modernes, appartenait déja aux anciennes déjections des Monts-Dores.

Élév. absolue en mètres.

153. Le Tartaret, à l'extrémité du lac du Chambon (n° 7)..... 949

Murol, village, sur la lave du Tartaret..... 833

Les volcans dont il vient d'être parlé dans les articles précédens touchent au terrain du Mont-Dore; celui-ci et le suivant sont tout-à-fait dans ses dépendances, l'un et l'autre fort écartés des Monts-Domes proprement dits, et cependant toujours sur le même alignement.

Le foyer du Tartaret s'est fait jour à travers de puissantes couches de basalte, que ses explosions ont bouleversées. On en voit des restes dans le lieu appelé *le Marais*, (n° 85). Son cône et ses déjections concourent à fermer le lac du côté qui regarde *Murol*. Il a quatre sommets répondans à deux cratères alignés du nord au midi. Le cratère supérieur est circulaire et s'ouvre vers le couchant. Il en sort une lave qui descend à Murol, et se prolonge fort au-delà. Le cratère inférieur est elliptique allongé, s'ouvre au sud, et paraît avoir fourni la coulée dont les boursoufflures forment une trentaine de monticules répandus comme au hasard sur le sol uni et fertile de la vallée. Ces tertres arides et scorifiés, sortant du sein des terres cultivées, sont au nombre des singularités les plus remarquables d'une contrée qui réunit dans un très-petit espace les montagnes primitives et les déjections volcaniques de toute espèce, les accidens et les aspects propres à chacune, et tout ce que leur rencontre peut offrir de contrastes.

La coulée qui descend à Murol a très-peu de parties scorifiées, et se compose en général de lave dense. Cette lave est très-belle. On y remarque

du péridot, du pyroxène, et des cristaux de feldspath fort nombreux, mais très-petits, très-applatis, et peu perceptibles.

Le village de *Murol* est situé sur le courant de lave, à une petite distance du volcan. J'en ai pris l'élévation sur le pont, à cinq mètres environ au-dessus du cours de l'eau.

Le château qui domine le village, couronne un cône basaltique dont il a été question ci-dessus, n° 84; et le basalte se montre de toutes parts sur les flancs ou la croupe des montagnes qui bordent la vallée. Plusieurs de ces montagnes sont saupoudrées de scories, probablement lancées par le Tartaret, qui paraît avoir agi avec une grande violence. Il a lui-même une couleur rouge et un aspect brûlé qui le met au rang des volcans dont la physionomie est le plus prononcée. C'en est assez pour qu'on l'ait comparé au Tartare, si toutefois *Tartaret* dérive réellement de Tartare, et n'est pas une dénomination plus ancienne que l'on a ensuite altérée dans le sens qui prêtait à l'allusion. Quoi qu'il en soit, comme les Arvernes ne connaissaient pas le Tartare des Grecs, et comme les Romains n'ont assurément pas vu brûler le Tartaret, ceux qui essayent de fonder la tradition des éruptions volcaniques sur des anachronismes aussi évidens, se laissent abuser ici ou par une homonymie purement fortuite, ou par une métaphore que suggérait très-naturellement l'aspect de la montagne, sans qu'on songeât le moins du monde à conclure de son apparence à son origine.

Élév. absolue en mètres.

154. MONTCHALME, volcan placé à la tête du *lac Paven* (n° 82)..... 1415
Lave méridionale; élévation moyenne..... 1315
Besse, ville placée sur la coulée orientale..... 1037

Montchalme est le plus élevé des puys volcaniques que j'aie mesurés; mais cette prééminence est due à l'élévation du sol sur lequel il a éclaté, car à compter de sa base, et en la prenant même au niveau du lac, il n'a qu'environ deux cents mètres, ce qui est la hauteur moyenne des cônes de cette espèce.

Il est superposé à l'enceinte basaltique du lac Paven, et le domine immédiatement du côté du couchant. Son sommet est double: ce sont les oreilles d'un grand et beau cratère, échancré du côté du sud-ouest. Sa lave, d'abord poussée en ce sens, se retourne bientôt vers le nord, puis

enfile un vallon dirigé à-peu-près de l'ouest à l'est, passe sous l'enceinte du lac, et descend à Besse.

Besse est une petite ville ceinte de murailles, et possédant un ancien château où Marguerite de Valois a demeuré. Les édifices sont construits de la lave même sur laquelle cette ville est assise. On en exploite à cet effet les portions les plus denses. Cette lave est fort belle, et contient du péridot en quantité remarquable. Du reste, toutes les hauteurs qui dominent la villes ont basaltiques, et l'on trouve constamment le basalte et ses scories depuis Besse jusqu'au vaste plateau qui se prolonge entre les puys de *Chambourguet* et de *Chagourdet*, n^os^ 80 et 83.

Au sud de Montchalme on remarque une *cheire*, ou nappe de lave très-hérissée, qui s'étend du pied de la montagne jusqu'au lac de *Mont Sineyre*. Elle appartient peut-être aussi au Puy de Montchalme, et elle est très-singulière en ce que ses éminences ou boursoufflures sont séparées par des fondrières, des tourbières, des trous, dans le nombre desquels on distingue le *creux de Soucy*. C'est vraisemblablement de là que procèdent en grande partie les eaux qui alimentent le lac Paven, par des communications souterraines.

Ici se terminent mes reconnaissances au midi des Monts-Domes. Mais la série des volcans ne finit pas là. Du haut de Montchalme on les voit semés de loin en loin jusques au Cantal, et l'on remarque la croupe pelée et rougeâtre de celui qui s'élève au voisinage de *Brion*.

B. *Ligne septentrionale, à partir du Puy de Dome.*

Élév. absolue en mètres.

155. Petit Puy de Dome. Contigu au *Puy de Dome* (n° 114)..... 1276
Oreille méridionale du cratère..... 1222
Profondeur totale du cratère, ou *Nid de la Poule*..... 89^m^
Profondeur du même cratère, prise de son bord méridional..... 35

Cratère très-régulier, environné d'un double rang de déjections incohérentes. Ses scories abondent en lames de fer oligiste. On ne lui connaît

pas de courant de lave. Peut-être fournit-il son contingent à celle de Pariou, n° 160. Mais il me paraît plus vraisemblable que le petit Puy de Dome a concouru à former, du côté du couchant, la grande nappe de lave comprise entre ses bases et le Grand Suchet.

Élév. absolue en mètres.

156. Le Grand-Suchet, continu avec le *Petit-Suchet* (n° 115)..... 1249

Le grand et le petit Suchet, si différens d'âge et de constitution, sont étroitement soudés l'un à l'autre, et forment un long promontoire dont le Grand-Suchet est la tête. La figure de celui-ci, son profil ensellé, la dépression qu'on observe par le travers de sa croupe, et qui indique un cratère oblitéré, tout indique les restes d'un volcan; et, en effet, malgré le gazon qui en cache le squelette, on découvre les scories dans toutes les écorchures, et on les voit mêlées de menus fragmens de domite et de granit que ses explosions ou celles des volcans voisins ont lancés à sa superficie.

Dans le cul-de-sac compris entre les deux Suchets et le petit Puy de Dome, on remarque une grande nappe de lave qui procède de l'un ou l'autre de ces volcans, et peut-être de tous deux. C'est l'origine d'un vaste courant, dirigé vers l'ouest, et qu'on appelle la *Chëire de l'Aumône*. Quelques-uns donnent au Grand-Suchet le nom de *Puy de l'Aumône*, en patois *Lémorne*. D'autres désignent ainsi la montagne qui lie le petit Puy de Dome au Petit-Suchet, et ferme le cul-de-sac.

157. Puy Filhou, monticule à l'ouest du *Grand-Suchet*. 1094

Ce monticule montre un reste de cratère égueulé du côté du couchant. Il est entièrement gazonné, mais on y reconnaît un sol formé de scories, et parmi ces scories des fragmens de domite et de granit.

158. Puy de Barmet, à la suite du précédent, et au pied du Puy de Come..... 1094

Autre monticule qui n'est peut-être qu'un soupirail du Puy de Come. Une dépression transversale, plus profonde au couchant, indique la place d'un cratère presque entièrement effacé. Parmi les scories, quelques fragmens de granit et de domite.

159. Puy de Come, à l'ouest de celui de *Pariou*..... 1272

Profondeur du cratère occidental, 76 mètres.

J'ai mesuré deux fois ce puy, et les mesures ne s'accordent pas. L'incertitude est de quatre à cinq mètres.

Il a deux cratères. Celui qui se trouve au sommet, vers le nord, est peu profond. Mais un autre cratère qui regarde le couchant a un circuit très-étendu, une double enceinte, et une profondeur considérable. Le Puy de Come est l'un des volcans les plus remarquables par sa hauteur absolue, par son élévation au-dessus de la plaine adjacente, qu'il domine majestueusement, par la régularité de sa forme, et la roideur de ses longues pentes. Il a poussé du côté du couchant une lave qui se prolonge jusqu'à la Sioule, et les deux petits volcans de *Barmet* et de *Filhou* n'en sont probablement que les dépendances.

Élév. absolue en mètres.

160. Puy de Pariou. Sommet principal..... 1223
Sommet oriental..... 1201
Sa base, du côté méridional..... 998
Profondeur du cratère, 93 mètres; son circuit, environ 930 mètres.

L'abbé Delarbre, dans sa Notice sur l'Auvergne, page 217, cite un Puy de *Pouéro*, c'est-à-dire de la Chaudière. Ce n'est probablement pas celui-ci, puisqu'à la page suivante il indique le Puy de *Parieu*. Quoi qu'il en soit, si l'on a comparé l'un de ces cratères à une chaudière, aucun ne méritait mieux cette distinction que celui de Pariou : il est des plus beaux de l'Auvergne. Son cône sort d'un autre cratère bien plus vaste, et dont on voit les restes à cent mètres au-dessous du sommet. Ils se réduisent maintenant à un arc qui ceint le puy, du nord au levant. C'est cet ancien cratère qui a versé la lave que nous connaissons. On la voit sortir d'une large échancrure pratiquée précisément en face du Puy des *Goules*, n° 162. Elle est très-âpre, très-hérissée, et accompagnée de grandes masses scorifiées. Dans ses parties compactes, elle est aigre, dure, d'un tissu uniforme, d'une couleur grise-bleuâtre, caractères qui résultent du feldspath intimement combiné à sa base. Je renvoie à l'article suivant le nivellement de son cours.

161. *Trajet de la lave de Pariou.*
Passage des Goules, entre la base de Pariou et celle du Puy des Goules..... 1009

C'est le point culminant de la route de Clermont à Limoges, et celui de l'origine de la lave.

Élév. absolue en mètres.

Pont du Berger ; même route, sur de grands amas de Pozzolanes..... 905

Chéz-Vasson, hameau..... 832

La lave se partage ici en deux branches. Nous suivons d'abord la branche méridionale.

La Barraque, à l'embranchement des routes de Limoges et de Bordeaux..... 791

Villar, village. (Hauteur prise à la porte de la maison principale)..... 715

Fontmore, maison de campagne au voisinage de Clermont..... 429

La hauteur est prise à l'entrée de la grotte, où cette branche de la coulée se termine en versant des sources abondantes.

Branche septentrionale de la coulée :

Durtol, village ; Hauteur prise aux maisons supérieures..... 542

Nohannent, village. (On prononce *Nonnant*).. 441

Ici se termine la branche méridionale, fournissant de très-belles sources. La hauteur est prise au niveau du ruisseau, à côté du pont.

162. Puy de Fraisse, voisin de Pariou, au nord.... 1130

Un cratère oblitéré, du côté du nord. Lave très-dense et très-sonore, contenant du péridot.

163. Puy des Goules. *Mont-Goulide* des cartes de Desmarets..... 1157

Ce puy, placé vis-à-vis le Puy de Pariou, n° 160, n'en est séparé que par le col fort étroit où passe la grande route de Clermont à Limoges. — Cratère d'un grand circuit, mais peu profond. Le baromètre était placé

sur le bord oriental de ce cratère. Je l'ai observé par un très-mauvais temps, et n'ai pas eu occasion d'y revenir. La hauteur est peu sûre.

Élév. absolue en mètres.

164. Le Creux-Morel. Sommet du monticule qui le domine 1021

Profondeur du creux, à partir du sommet du monticule, 69 mètres.

On trouve le Creux-Morel au nord du Puy des Goules, et près de la grande route de Limoges. C'est un vaste cratère enfoncé au-dessous du sol actuel de la plaine, et dominé par une butte qui fait partie de son enceinte. L'élévation de cette butte au-dessus du sol est à-peu-près la moitié de son élévation au-dessus du fond du cratère.—Beaucoup de scories légères, tordues, cordées, et telles en un mot qu'on les trouve habituellement à l'orifice des volcans. Elles renferment du péridot et de beaux cristaux de pyroxène noir. Les quartiers de lave que l'on rencontre, contiennent en outre du pyroxène vert. Quelques-uns de ces blocs sont d'une compacité parfaite et d'une dureté remarquable. On trouve des fragmens de domite mêlés aux menues scories.

165. Le Petit-Sarcouï, ceignant le *Grand-Sarcouï* (n° 117)..... 1048

Les rapports de proximité et de position ont fait donner le même nom à deux montagnes de nature fort différente, mais dont l'une ceint l'autre de manière à faire naître l'idée d'une dépendance réciproque. Le *Petit-Sarcouï* semble le reste d'un immense cratère, et forme un arc qui embrasse, du levant au midi, la calotte du *Grand-Sarcouï*, laissant entre deux une tranchée semi-circulaire et très-profonde, où l'on trouve une grande quantité de scories, et des quartiers épars de lave, plus ou moins bulleuse ou compacte. Ce cratère a fourni une coulée qui se dirige vers le hameau d'*Egaules*, n° 179. Elle est indiquée dans la carte de Desmarets comme sortant des protubérances de domite voisines des deux *Sarcouï*, et qui n'ont assurément rien de commun avec cette lave.

Je doute fort que ce cratère ait jamais été complétement circulaire.

166. Puy de Chaumont, voisin du précédent, au nord. 1118

Cratere peu profond, égueulé du côté du couchant. Fragmens de domite mêlés en grand nombre aux scories. On en rencontre de plusieurs variétés : l'une est porphyrique, contient des aiguilles de pyroxène, du mica noir, et de petits cristaux de titane silicéo-calcaire. Les scories légères du Puy de Chaumont sont remarquables par la quantité de péridot qu'elles renferment. La lave ressemble beaucoup à celle du Puy de Fraisse et du Creux-Morel (nos 162, 164). Elle est grise, très-dense, très-dure, au moins dans les blocs épars que j'ai été à portée d'observer. Quant à la coulée elle-même, je n'ai pu m'assurer de sa direction, elle se cache sous le gazon dont toute cette contrée est revêtue.

Élév. absolue en mètres.

167. Puy des Gouttes ou *de la Goute*, au pied du *Puy Chopine* (no 119)..... 1144

Hauteur du puy, au-dessus de ce qu'on appelle le *Petit lac*, 71 mètres.

Le Puy de la Goutte embrasse le Puy Chopine, du midi au couchant, et les deux montagnes sont entre elles dans la même relation que le Grand et le Petit Sarcouï (nos 117, 165). La répétition d'un fait aussi singulier a dû attirer l'attention. On a cru voir, dans l'un et l'autre cas, une montagne vomie par un cratère, et il faut convenir que cette supposition est au moins excusée par les apparences. Mais ces cratères que nous voyons réduits à une portion de leur contour, ont-ils jamais été complets et entièrement circulaires? Voilà ce dont il est permis de douter, même en admettant que ce sont des cratères. Si le volcan, par exemple, s'est fait jour au pied d'un rocher qui lui a résisté, ou s'il en a bouleversé une partie, sans réussir à renverser le reste, alors les projections de scories n'ont pu s'amasser que du côté opposé à l'obstacle; car, bien que ces projections fussent circulaires, la pluie de lapilli qui rencontrait la face du rocher subsistant, retombait dans la bouche qui les avait lancés.

M. de Laizer, qui a publié une description très-détaillée du Puy Chopine, est tenté de regarder celui *des Gouttes* comme un amas formé des décombres de celui-là. Rien ne me paraît justifier cette opinion, et il y tient si peu lui-même, qu'il admet l'existence de plusieurs petits cratères, et n'est pas éloigné de regarder comme tel l'enfoncement marécageux qu'on a hyperboliquement appelé le *lac de la Goutte*. Or, s'il était vrai que ce fût là un des orifices du volcan, il se trouverait placé précisément

comme l'exige mon hypothèse, et il est clair que le bourrelet du cratère n'aurait jamais été qu'un segment limité des deux côtés par la tangente du Puy Chopine.

Au reste, le Puy de la Goutte est revêtu de gazon qui en cache la structure intérieure ; et, malgré sa forme de cratère, rien ne nous annonce qu'il en ait la constitution. On y remarque des blocs de domite dont quelques-uns pourraient fort bien être en place. On ne voit aucune trace de coulée, et l'on trouve seulement des blocs erratiques d'une lave dense, contenant du péridot et du pyroxène noir et vert. Elle ressemble beaucoup à celles de plusieurs puys voisins, et peut donc appartenir à quelqu'un de ces volcans, ou au Puy des Gouttes lui-même ; et du moins elle a peu d'analogie avec les basaltes du Puy Chopine, car ceux-là ont tous les caractères qui distinguent les laves d'origine ancienne.

Élév. absolue en mètres.

168. Puy de Lantegy, voisin du précédent..... 1028

La grande route de Clermont passe au pied du Puy de Lantegy, et l'on répare le chemin aux dépens de la montagne. Les fouilles, faites à cette occasion, entament profondément l'amas de scories dont elle est formée, et rectifient l'idée qu'on aurait peut-être prise de sa constitution, si l'on en avait jugé seulement d'après les apparences extérieures. A voir l'immense quantité de domite répandue à la surface du puy, on aurait pu croire que les fragmens de cette espèce y tenaient plus de place que les scories elles-mêmes. Or, l'excavation montre que la projection de domite est purement superficielle, et qu'à la profondeur de deux ou trois décimètres, le lit de scories n'en contient plus. J'en infère que ces fragmens sont étrangers au volcan de Lantegy, et qu'ils ont été portés à sa surface par les explosions des volcans voisins, à mesure que ceux-là soulevaient et lançaient en éclats les portions correspondantes de la grande couche de domite dont on voit encore le reste entre le Puy Chopine et le Puy de Louchadière. J'ai fait mention de cette couche ci-dessus, n° 120.

Au sommet du puy, on trouve un cratère ébréché du côté du couchant. La lave qui en procède paraît aller à la rencontre de celle du Puy de Come (n° 159), mais disparaît bientôt sous le terrain cultivé.

169. Puy de Leironne ; premier degré du *Puy de Jume*..... 1074

Élév. absolue en mètres.

170. Puy de la Coquille, second sommet du Puy de *Jume* 1166

171. Puy de Jume; sommet supérieur et oriental du groupe 1173

Profondeur du cratère de Jume, 64^{m}.

Ces trois puys constituent une seule et même montagne, dont *Jume* est le sommet le plus élevé. Celui-ci est encore remarquable par son cratère, moins profond, il est vrai, mais plus vaste que celui de Pariou, qu'il égale en régularité.

Le Puy *de la Coquille*, immédiatement lié au Puy de Jume, du côté du couchant, a aussi un grand cratère, mais celui-là est peu profond, et son bord est ébréché au sud. On y voit beaucoup de scories légères et des quartiers d'une lave grise très-compacte, très-dure et très-sonore, qui contient du péridot et du pyroxène. Le sol est jonché de fragmens d'une belle domite grisâtre, porphyrique, dont l'aspect rappelle plusieurs des laves de la Croix-Morand.

Le Puy de *Leironne* suit le précédent et n'en est qu'un appendice. On trouve à sa surface beaucoup de domite, et rien qui indique un cratère, si ce n'est une légère dépression du côté de l'ouest. La grande excavation circulaire que l'on voit au bas de sa pente septentrionale, a été creusée de main d'homme, dans l'espérance d'y amasser de l'eau pour abreuver le bétail. Il se peut cependant qu'elle ait été indiquée et ébauchée par la nature. Ce puy est voisin de celui de la *Goutte*, et disposé de manière qu'on pourrait le considérer comme ayant fait partie de la circonvallation du Puy Chopine, si toutefois celui-ci a jamais eu une enceinte complétement circulaire. (Voyez n° 167.)

Il est difficile de reconnaître les coulées que ce groupe de montagnes a fournies. Tout est enseveli sous le terreau et le gazon épais qui le recouvre; mais on en voit paraître une dans le vallon qui se trouve au nord d'*Egaules* et de *Channat*, n° 179; et elle forme plus bas un plateau fort étendu. Il y a toute apparence qu'elle dérive de *Jume*. On en trouve le nivellement ci-dessous, n° 173.

172. Tunuiset, attenant au Puy de Jume, du côté du nord-est 1067

Encore une montagne qui fait partie du groupe de *Jume*. Elle est séparée de ce dernier puy par un enfoncement médiocre, borné au N.-O. par un autre monticule appelé le *Bois-de-Mozat*, et au sud-est, par un troisième qu'on nomme *la Raviole*; tous deux moins élevés que Tunuiset. L'espace compris entre ces trois cimes paraît être le reste d'un cratère qui a versé une lave au nord. La Raviole est suivie d'une autre montagne beaucoup plus basse appelée *Blémat*, et dont la base touche à celle de *la Nugère*, n° 175.

Élévation en mètres.

173. *Plateau formé par une lave procédant du Groupe de Jume.*

Féligonde, domaine; à la porte du château.... 518
Malauzat, village; dans la cour du château.... 512
Sayat, village; à la porte de l'église..... 455
Sources de Saint-Vincent..... 417

Le vaste plateau dont nous marquons ici les points principaux, est formé par une lave que l'on voit descendre du vallon d'*Egaules*. Sa route n'est pas douteuse, mais son origine est moins certaine : on la regarde cependant comme issue du Puy de Jume, et je ne trouve aucune raison de m'écarter de cette opinion. Elle est noirâtre, contient du péridot, du pyroxène, un peu de mica, des lames et des grains de feldspath. Ses parties scorifiées sont souvent d'un noir très-décidé et quelquefois d'un violet-rougeâtre.

Les sources de Saint-Vincent échappent à cette lave vers son extrémité. Elles sont au rang des plus abondantes du pays, et répandent la fertilité dans le beau vallon qu'elles arrosent. Le nom qu'elles portent leur vient d'une chapelle indiquée dans les cartes, mais qui n'existe plus. J'ai trouvé au mois d'octobre la température de l'eau de 10° 8 du thermomètre centigrade, celle de l'air étant 22° 3.

174. Puy de Louchadière, au nord du groupe de *Jume*. 1206
Profondeur du cratère, prise au siége du fauteuil, 148 mètres.

Montagne entièrement isolée des autres puys et la plus haute de cette région. Son sommet est l'oreille orientale d'un énorme cratère dont

l'enceinte est entièrement culbutée du côté du couchant. C'est un des plus beaux objets de ce genre que l'on rencontre en Auvergne. Ce cratère, il est vrai, n'est pas nu, décharné et comme brûlant, tel, en un mot, qu'on voit ceux des puys de la Vache et de Lassola, mais il les égale en profondeur et les surpasse beaucoup en étendue. Vu de la plaine, il a la figure d'un fauteuil immense dont les longs bras sont couverts de forêts; le fond du cratère en est le siége. De là part une lave considérable qui descend brusquement d'un degré, et ce degré représente le pied du fauteuil. Le nom de la montagne dérive de cette apparence. *La Chadiere* ou *la Tsadiere*, comme on le prononce ici, signifie une chaise.

La lave, observée en place, est d'un gris d'ardoise, contient des lames et des grains de feldspath et un peu de pyroxène : ses scories sont rouges. Mais dans le cratère on trouve d'autres variétés de la même lave en blocs épars : d'abord une lave d'un gris plus clair et dont les parties denses sont d'une dureté remarquable, ensuite une autre presque blanche et très-feldspathique, dont les parties bulleuses conservent la même couleur, et dont les parties compactes sont semées de fer oligiste en petites lames. Celle-ci fond en verre couleur de cul de bouteille, et attire fortement le barreau aimanté. Je ne connais aucune lave aussi cohérente et aussi sonore; elle résonne sous le marteau comme une masse métallique. Du reste elle a la plus grande analogie avec la lave du Puy de la Nugère, connue sous le nom de *Pierre de Volvic*. Elle en a également avec celles du Puy de la Coquille, n° 170. Toutes ces laves semblent sortir du même foyer, et les différens puys qui les ont fournies pourraient être considérés comme autant de cheminées d'un seul et même volcan.

Élév. absolue en mètres.

175. Puy de la Nugère, au-dessus et au couchant de Volvic 1001

Profondeur du cratère, 82 mètres.

Vaste montagne; grand appareil volcanique. Au sommet, un large et profond cratère. Plusieurs enfoncemens latéraux, qui paraissent avoir été autant de bouches secondaires. La lave sort bouillonnant de toutes parts, mais se réunit bientôt en un courant unique et d'une largeur considérable. Ce qu'il y a de singulier, c'est le peu d'espace qu'elle parcourt. Elle disparaît tout-à-coup au voisinage de *Volvic*, petite ville située sur une lave toute différente, procédant de la *Bannière* (n° 177) sans qu'on puisse dire si celle-ci la recouvre ou si elle l'a arrêtée.

La lave de la Nugère, assez uniforme en son cours, a peu de ces aspérités qui en hérissent tant d'autres. Elle est toute plus ou moins bulleuse, d'un gris clair qui noircit à l'air. Sa pâte est principalement feldspathique et elle renferme une grande quantité de fer spéculaire. Sa contexture la rend propre à la taille, et depuis trois ou quatre siècles elle fournit aux constructions de Clermont et des lieux environnans. On la connaît sous le nom de *Pierre de Volvic*, parce qu'elle est exploitée par les habitans de cette petite ville. Entamée sur tous les points de son étendue, cette lave ne tardera guères à s'épuiser, et l'on prévoit l'époque où il n'en restera que les décombres.

On a cru que la carrière avait été ouverte pour la construction de la cathédrale de Clermont : cette opinion n'est pas fondée. La lave employée dans cet édifice a été tirée, dans le XIII^{e} siècle, d'une coulée plus éloignée; mais ce qu'il y a de certain, c'est que les laves n'ont été mises en usage, comme pierre à bâtir, qu'à une époque postérieure à la seconde croisade. Les vieilles églises, bâties dans le style saxon, comme la belle église d'Issoire et Notre-Dame-du-Port, à Clermont, sont construites de pierres calcaires, de granit, et l'on n'y voit du basalte et des laves que dans les dessins en mosaïque dont leur extérieur est orné.

Elév. absolue en mètres.

176. Puy de la Louve, sur le nord-est de celui de la Nugère..... 915

Ce petit puy est une dépendance du précédent. Il a la forme d'un croissant, ce qui indiquerait un cratère, et ce serait, dans ce cas, une des cheminées latérales du volcan; mais il se pourrait aussi que ce ne fût qu'une soufflure de la lave.

Je n'ai pas poussé plus loin mes reconnaissances de ce côté, et n'ai ni observé, ni mesuré les puys volcaniques situés plus au nord, depuis ceux de la Nugère et de Louchardière, jusqu'au Puy de Chalard et au *Gour de Tazenat*, où se termine la ligne septentrionale des Monts-Domes.

C. *Ligne orientale, sur le bord du plateau granitique.*

177. La Bannière, montagne au-dessus de Volvic... 738

Volvic, ville; (à la porte de l'église)..... 514

La Bannière est une montagne toute granitique, mais isolée de celles de même nature qui l'avoisinent. On ne voit pas sans surprise une partie de sa croupe semée et couverte de scories et de fragmens de laves, soit compactes, soit bulleuses. Sur la déclivité orientale se montre un courant de lave dont on n'aperçoit pas clairement l'origine. Cette lave descend directement une pente assez raide, et forme au pied de la montagne une éminence sur laquelle la ville de Volvic est construite. De-là, elle se dirige vers *Saint-Genès-l'Enfant*, et y verse des sources abondantes; puis elle s'étend jusqu'à *Marsac*, village peu distant de Riom, où elle disparaît en laissant encore échapper de toutes parts des eaux qui fécondent cette contrée.

Cette lave croise celle qui vient de la *Nugère*. Est-elle plus moderne et ne fait-elle que recouvrir celle-là? est-elle plus ancienne, au contraire, et a-t-elle opposé un obstacle à son extension? Voilà ce que je ne suis pas en état de décider, n'ayant vu ces lieux que très-superficiellement. Du reste les deux laves n'ont entre elles aucune ressemblance. Celle de la Bannière est noire, chargée de pyroxène, contient de très-beau péridot et du feldspath en grains de toutes dimensions. Dans les blocs épars au sommet de la montagne, j'en ai remarqué qui ont l'aspect vîtreux et où le feldspath se distingue par des reflets nacrés. La lave de la coulée, observée sur différens points de son cours, contient plus de péridot, moins de feldspath, et n'a rien de cet aspect vîtreux, mais d'ailleurs ne diffère point de celle du sommet.

Élév. absolue en mètres

178. Puy de Channat, au-dessus du village de ce nom. 936

Cette montagne ne présente aucun indice de cratère, mais elle en est indubitablement un reste. Sa cime, comme celle de *Gravenère*, est entièrement formée de scories légères, d'une fraîcheur et d'une conservation parfaite : elles sont entremêlées de fragmens de granit, et plusieurs en renferment. Parmi ces scories se trouvent des blocs épars de lave dense, noire, contenant du feldspath en lames, en cristaux, en grains d'une couleur quelquefois bleuâtre, du pyroxène noir et vert, et une quantité remarquable de péridot : il y forme des nœuds souvent plus gros qu'une noix. Aucun volcan moderne n'a produit cette substance en aussi grande proportion. On la trouve d'une belle couleur rouge dans les scories où elle s'est conservée.

Le puy de Channat paraît avoir fourni deux coulées. L'une est indi-

quée par une saillie du terrain dans la direction du village d'*Egaules ;* l'autre est à découvert, et ne saurait être un objet de doute : elle croise le chemin de Channat à Durtol, et descend du côté du levant, vers le village de l'*Etang* (n° 191), mais disparaît presqu'aussitôt sous le terrain cultivé. Cette coulée est désignée dans la carte de Desmarets. Sa lave est d'un gris foncé, très-bulleuse et toujours remarquable par l'abondance du péridot.

La hauteur que j'assigne au puy est établie sur les opérations trigonométriques de MM. Broussaud et Lesueur. Son sommet est l'un des points qui nous ont servi pour la vérification de la mesure barométrique du Puy de Dome.

Élév. absolue en mètres.

179. *Villages voisins du Puy de Channat.*

Channat, village ; à l'église..... 805

Ce village est sur le terrain granitique, mais il touche à la lave orientale du puy, et on la rencontre sur le chemin qui conduit à Durtol, n° 161.

Égaules, hameau..... 812

Il y a là un mélange de laves qu'il n'est pas aisé de démêler. L'une paraît procéder du Puy de Channat, autant qu'on en peut juger par la configuration du terrain ; une autre vient, selon toutes les apparences, du Petit-Sarcouï, n° 165. Enfin la coulée qu'on rapporte au Puy de *Jume,* n° 171, passe si près d'Egaules, qu'elle fournit sans doute son contingent à cette confusion de produits volcaniques dont les débris jonchent le sol et sont entassés pêle-mêle dans les murs du village. On est étonné de trouver à cette hauteur et à cette exposition des chanvres bien venans.

180. GRAVENÈRE..... 830

J'ai déja parlé de Gravenère dans mon premier nivellement. Tout le monde connaît cette montagne, voisine de Clermont, et entièrement formée de scories, sans indice de cratère ; en quoi elle ressemble au Puy de Channat et même à celui de la Bannière. Elle a fourni deux coulées très-considérables et dont l'une se prolonge à une assez grande distance. Sa lave contient, ça-et-là, quelques grains de péridot.

181. *Nivellement des deux coulées de Gravenère.*

a. *Coulée méridionale.*

Élév. absolue en mètres.

Protubérance de la lave, au-dessus de *Boisséghoux*..... 594
Boisséghoux, village; aux maisons supérieures. 584
Beaumont, village; à l'église..... 456
L'Oradou, maison de campagne; sur la terrasse antérieure..... 372

Cette coulée se termine au-dessous de l'Oradou, et fournit là plusieurs sources. Sa lave, exposée à l'air, se couvre souvent d'une poussière blanche qui semble un enduit de chaux.

b. *Coulée septentrionale.*

Royat, village; sur la place de l'église, surface de la lave..... 518
Dans la grotte des sources, au-dessous de la lave..... 498

D'après ces mesures, la coulée a ici une épaisseur de 20 mètres.

Mont-joly, maison de plaisance; au bas de la terrasse..... 421

La coulée se termine dans l'enceinte du parc.

La lave de ces deux coulées, que l'on voit sortir du sein d'un amas de scories et qui en est par-tout accompagnée, prend l'aspect basaltique dans les lieux où l'intensité de la pression et la lenteur du refroidissement ont favorisé le rapprochement des molécules. A la grotte de Royat, et sur-tout vers la gauche de son entrée, on reconnaît une division en gros prismes verticaux. De cette grotte jaillissent les sources abondantes qu'un aqueduc conduit à Clermont. A l'extrémité de cette même coulée et dans l'enclos de Montjoly, on trouve une caverne méphitique, où se reproduisent les phénomènes de la grotte du Chien, l'air y étant vicié de même par une émission continuelle de gaz acide carbonique.

SUPPLÉMENT.

Je place ici un certain nombre de hauteurs que j'ai eu occasion de mesurer depuis la publication de mes premiers nivellemens, et qui n'entrent pas dans la circonscription des Monts-Dores et des Monts-Domes. Elles appartiennent aux cadres tracés dans l'un de mes précédens Mémoires, et on les distribuera sans peine entre les hauteurs qui y sont déja consignées (1).

Quelques-unes de celles-là sont ici répétées. Ces répétitions ont ordinairement pour objet la rectification de la mesure, quelquefois aussi d'ajouter des observations nouvelles. J'en ai usé ainsi dans le nivellement des Monts-Dores et des Monts-Domes, et j'y ai même inséré de nouveau plusieurs hauteurs sans autre raison que de les mettre à leur place naturelle, et de compléter les énumérations.

§ I. Terrain granitique.

A. *A l'orient de Clermont* (2).

Élév. absolue en mètres.

182. Pierre sur haute ou *Pierre sur autre*..... 1646

Cette montagne est à 14000 mètres au N.-N.-E. d'Ambert, et à 60000

(1) Mémoires de la Classe pour 1808, pag. 154 et suiv. — Mémoires sur la formule barométrique. Clermont, 1811, pag. 122 et suiv.

(2) Voyez Mémoires sur la formule barométrique, pag. 127.

mètres environ à l'E.-S.-E. de Clermont. C'est le sommet le plus élevé du *Mont-Herbous* et de la longue chaîne qui borne l'horizon de Clermont à l'orient, et qu'on y connaît sous le nom de *montagnes du Forèz*.

J'avais évalué sa hauteur à 1657 mètres, mais en avertissant qu'elle me paraissait incertaine à sept ou huit mètres près (1). Celle que je donne ici est fondée sur les opérations trigonométriques de M. Broussaud. Il faudra peut-être encore la corriger de quelque chose, car il y a une différence de 3 à 4 mètres entre les résultats de deux séries d'observations; je n'ai pu choisir, et j'en donne ici la moyenne.

Élév absolue en mètres.

183. AMBERT, ville, chef-lieu d'arrondissement..... 546

Ma mesure correspond à la maison habitée par M. Pourrat, alors sous-préfet de l'arrondissement. Le temps était favorable, et le baromètre bien placé; mais je n'ai que deux observations faites le même jour, et c'est trop peu pour la distance où se trouvait le baromètre stationnaire, car il y a douze lieues d'Ambert à Clermont, et une chaîne de montagnes entre deux. Mon évaluation n'est donc qu'approximative.

184. SAINT-AMANS-ROCHE-SAVINE; maison de M. Teyras. 908

Le village est sur la route d'Ambert à Clermont, et dans la chaîne de montagnes dont je viens de parler. Ici j'ai deux jours d'observation, et les résultats sont assez concordans, puisqu'ils ne diffèrent pas entre eux de trois mètres. Mais le temps était mauvais, et la distance grande : c'est encore une hauteur à vérifier.

185. *La Croix-Touttée*, point culminant de la route d'Ambert..... 1013

Au-dessus de Saint-Amans et à peu de distance. Une seule observation faite par un très-mauvais temps, et méritant par conséquent peu de confiance. L'erreur pourrait bien aller à une dixaine de mètres, et, vu les circonstances, elle doit être plutôt en moins qu'en plus.

186. LES MARTINANGES, château..... 655

A côté de la même route, près *Celhoux*, et à 4000 mètres au sud de

(1) Mémoires cités page 127, n° 26.

Saint-Dier. Ici, deux observations très-concordantes, mais encore un peu d'incertitude à cause de la distance.

Élév. absolue en mètres.

187. Mozun, village ; maison de M. Saulnier Danchald. 606

Au-dessus de la même route et à 28000 mètres ou six lieues de Clermont. Une seule observation : mais, d'ailleurs, des circonstances assez favorables. L'erreur, s'il y en a, ne doit pas être grande.

La maison de M. Danchald est l'une des plus élevées du village. Le sol y est granitique, mais le haut de la montagne est coiffé d'un chapeau de basalte sur lequel s'élève un vieux château dont il sera question plus bas, sous le numéro 230.

188. Puy de Montoncelle..... 1299

Cette montagne est à quatorze mille mètres au N.E. de la ville de Thiers, à trente-deux mille au N.N.O. de Pierre-sur-Haute, et à environ cinquante mille ou dix lieues à l'E.N.E. de Clermont. C'est un des points de la triangulation de Cassini et de M. Broussaud. Sa hauteur est calculée d'après les opérations de ce dernier.

189. Thiers, ville, chef-lieu d'arrondissement..... 402

Cette ville est construite par étages, sur le penchant très-rapide de la montagne. Ma mesure répond à la porte d'entrée de la grande auberge de Duffaut. Comme il y a trente-sept mille mètres, ou six lieues, de Thiers à Clermont, je ne puis répondre de cette mesure à quelques mètres près, faute d'un nombre suffisant d'observations.

B. *Plateau granitique occidental* (1).

a. *Au nord-ouest de Clermont.*

190. Tournoelle, château ruiné, au-dessus du Volvic (n° 177)..... 611

Sur une éminence granitique, au penchant de la montagne de la Ban-

(1) Voyez Mémoires sur la formule barométrique, pag. 125 à 127.

nière. Grande et somptueuse structure, réunissant à la solidité et aux moyens de défense, tout ce que les édifices de cette sorte comportaient d'élégance et même de recherche dans les ornemens de détail.

Élév. absolue en mètres.

191. L'ÉTANG, village au-dessous de Channat (n° 179). 663

L'observation a été faite dans la cour du château. On trouve ici des chanvres, des routoirs, et des vergers plantés de pommiers.

b. *Environs de Saint-Genès*, n° 215, *et de Theix*, n° 141.

192. CHAMPEAUX, hameau..... 799

Ce hameau a été incendié, et on l'a rebâti plus bas, sur le bord du chemin de Clermont à Thedde. Une seule maison est restée sur l'ancien emplacement: c'est à celle-là que répond ma mesure.

193. THEDDE, village; au pied de la croix sur le chemin..... 851

194. CHATRAT ou *Chatrade;* au bas du village, à la croix..... 942

Le village est dominé par un monticule granitique, couvert d'un reste de chapeau de basalte; voyez ci-après, n° 217.

195. BONNE, village; sur le chemin au-dessous de l'église..... 918

196. PASREDON, village; au four commun..... 911

Pasredon est sur le chemin de Clermont au Mont-Dore. Le monticule qui le domine a un reste de chapeau basaltique.

197. *Le Peyroux*..... 899

On nomme ainsi l'éminence granitique qui domine immédiatement Saint-Genès-Champanelle, au S. O.

198. BERZÉ, village. Maisons supérieures, à la croix.. 858
Maisons inférieures, à la croix.. 834

Ce village est situé sur la pente orientale de la montagne de même nom, n° 216.

Élév. absolue en mètres.

199. Redon, hameau; au domaine de M. Vazeilles.... 786
Au château de M. Duranquêt.. 765
200. Varennes, village; au four commun..... 742
201. Saulzet, village; à la porte du château..... 669
A la porte de l'église..... 663

Ce dernier village est sur la nouvelle route de Clermont à Theix. Les deux précédens sont sur les côtés de la même route.

c. *Environs du lac d'Aidat*, n° 139, *et d'Olloix*, n° 227.

202. Haut-Roulhat, village; sur le chemin, à la croix. 889

Sur le granit qui sert de base au Puy de Nadailhat, mais très-près des couches de basalte qui le couvrent.

203. Saint-Julien, village; à l'église..... 967

Immédiatement au-dessus d'Aidat.

204. Phialleix, village..... 936

La hauteur est prise à la partie moyenne du village, près de quelques roches fort apparentes par leur saillie.

Tout autour du lac d'Aidat, mais sur-tout entre Aidat, Saint-Julien et Phialleix, on observe de belles siénites et des granits très-variés.

205. Fohet, village; à l'église..... 908
206. Le Mas, hameau..... 912

Ce hameau est sur le bord de la côte granitique où se trouvent les précédens, et au haut d'un petit vallon bien arrosé, très-herbeux, et couvert d'arbres fruitiers. C'est un des lieux les plus élevés où l'on trouve des noyers.

207. Cournol, village; à l'église..... 801
208. Ribeyrolles, hameau..... 734
Moulin au-dessous du village; sur le pont.. 708
Cours de la *Mône*, sous le pont du moulin.. 704

Le hameau se trouve dans une gorge étroite et profonde, dans un véritable ravin, sur l'une des parois duquel il est comme suspendu. La hauteur qui lui est assignée répond à sa partie moyenne.

Élév. absolue en mètres.

209. CHENAT, village situé au pied de Barnère (n° 224). 626

Il ne se trouve pas dans la carte de Cassini. On le traverse en allant de Ludesse à Saint-Saturnin. Son sol est le granit qui sert de base, au moins de ce côté-ci, aux couches basaltiques de Barnère.—La hauteur est prise sur le chemin, en face du domaine Lasalle.

d. *Au-delà des Monts-Dores.*

210. HERMENT, ville..... 827

Cette petite ville est à trente-un mille cinq cent onze mètres au N. O. du Puy de Sancy, et à trente mille huit cent soixante-treize à l'ouest du Puy de Dome. Son clocher a été un des signaux employés autrefois par Cassini, depuis par M. Delambre, et dernièrement par M. Broussaud. L'élévation indiquée ici est celle du pavé, au bas du signal; elle est déterminée d'après les opérations de M. Broussaud, qui l'a conclue de la hauteur du Puy de Sancy.

§ II. TERRAIN D'ALLUVION (1).

211. CHADRAT, village de la vallée de Saint-Amans-Tallende (n° 139)..... 635

Ce village est situé dans un vallon profondément raviné, qui remonte de la vallée de Saint-Amans au plateau de la Serre. Cette grande déchirure met la constitution du sol à découvert. Il est formé de couches calcaires marneuses où s'intercalent d'autres couches entièrement composées de calcaire concrétionné, en masses souvent sphéroïdales, auxquelles des corps organiques ont servi de base et de moule. C'est le même terrain que celui de Montjuzet et de Montchagny, dont j'ai parlé à la page 124 de mes Mémoires, sous les numéros 12 et 13.

La hauteur est prise à la porte de l'église.

---

(1) A reporter à la page 122 de mes Mémoires.

Élév. absolue en mètres.

212. Romagnat, village au sud de Clermont et au pied de Gergovia.

A la porte de l'église..... 467

Dans la cour de la maison Mabru..... 499

Sur le terrain d'alluvion qui sert de base aux coulées basaltiques de Gergovia.

§ III. Basaltes (1).

a. *Au voisinage de Channat*, n° 179.

213. Chuquêt de Montlibout..... 785

Portion d'un plateau basaltique, en grande partie détruit, et que l'on rencontre très-près de Channat, sur le chemin de Durtol. Prismes irréguliers, inclinés, disposés à se subdiviser en tables, et se décomposant en grains anguleux. Ce lambeau est posé sur le granit qui constitue le sol environnant.

b. *Au-dessus de Clermont.*

214. Cap de Prudelle; éminence orientale..... 699

Éminence occidentale..... 705

Ces deux hauteurs ont été déterminées par les opérations dont j'ai rendu compte dans mon quatrième Mémoire, page 152. J'avais décrit cette crête basaltique à la page 128. J'ajoute que l'on aperçoit le lit des scories inférieures, le long de la grande route, à la faveur de la coupure qui met à découvert le point de contact du basalte avec le granit.

c. *Saint-Genès-Champanelle et ses environs.*

215. Saint-Genès-Champanelle; à l'entrée du domaine de M. Dalmas..... 884

Station de mon baromètre..... 885

(1) A rapporter à la page 128 des Mémoires sur la formule barométrique.

La maison de M. Dalmas est l'une des stations intermédiaires que je me suis procurées pour mesurer les Puys de la chaîne des Monts-Dômes. J'ai donc apporté beaucoup de soin à en rectifier la mesure.

La coulée basaltique de Saint-Genès est réduite à des lambeaux sans continuité, et entre lesquels on voit par-tout paraître le sol granitique. Le domaine est partie sur le granit, partie sur le basalte.

Élév. absolue en mètres.

216. Puy de Berzé..... 978

Ce Puy domine immédiatement Saint-Genès du côté du nord, et l'on trouve sur son flanc oriental le village indiqué ci-dessus, n° 198. C'est une bosse granitique fort considérable, et qui fait le pendant du Puy de Charade, pour la position et la forme. Cette bosse a été recouverte de même d'une calotte de basalte, mais il n'en reste presque plus rien que les scories inférieures. Ces scories ressemblent beaucoup à celles des volcans modernes. Il y en a également de filées, de tordues en corde, etc., et cependant on y reconnaît aisément le caractère des produits volcaniques anciens à une couleur plus matte et comme plombée, et à une décomposition plus terreuse. Le peu de basalte compacte que l'on rencontre, contient de beaux nœuds de péridot et du pyroxène en abondance.

La coulée qui couvrait le Puy de Berzé a dû être différente de celle dont on trouve les restes à Saint-Genès, et cette dernière était peut-être différente aussi de la coulée que l'on rencontre plus bas.

217. Puy de Chatrat, au-dessus du village de ce nom (n° 194)..... 1028

Monticule de granit, coiffé d'un reste de chapeau basaltique.

218. Puy de Pasredon, au-dessus du village (n° 196). 1010

C'est le Puy de *Duvet* de la carte de l'académie. Autre monticule de granit sur lequel on trouve le reste d'un chapeau de basalte, contenant du péridot.

219. Puy Sabressou ou de *la Cassière*, au-dessus du lac de ce nom, n° 139..... 975

Son nom dérive probablement de *tsabre*, chèvre. C'est encore un monticule granitique semblable aux deux précédens. Il a été de même recouvert de basalte, mais il en reste si peu de chose, que bientôt on n'en apercevra plus de traces. Ce basalte renferme de petits cristaux de feldspath.

d. *Autour de la Serre de Fonfredde et du lac d'Aidat* (139).

Élév. absolue en mètres.

220. NADAILHAT, village, sur la pente septentrionale de la Serre..... 900

J'ai parlé de la Serre de Fonfredde et du Puy de Nadailhat, à la p. 129 de mes Mémoires. Le village est situé sur un monticule collatéral à la Serre, et le granit se montre à découvert dans l'intervalle qui les sépare. On remarque ici beaucoup de blocs de basalte bulleux, et d'autres qui se divisent en grains anguleux.

La hauteur est prise dans la rue principale, au-dessus de l'église.

221. CHACOURDAT, domaine isolé, sur la même face de la Serre..... 669

Son sol est le basalte de la Serre. On y remarque beaucoup de blocs cellulaires. Le granit se montre immédiatement au-dessous.

222. MONT-REDON, château ruiné sur un monticule isolé, au midi de la Serre.

A la porte d'entrée..... 849

Sur la plate-forme du château..... 887

Vaste ruine d'un château-fort à triple enceinte, couronnant un monticule obtusément conique, dont la base est de granit veiné, et la cime de basalte en prismes de petit diamètre, fort réguliers, et couchés dans le sens qui regarde le sommet du cône. Le château est construit de ces prismes mêmes, posés de champ, et son circuit embrasse toute la partie basaltique de la montagne, en sorte que la grande porte d'entrée de son enceinte inférieure est fondée sur le granit, exactement au point où le basalte commence à le couvrir.

J'ai été frappé ici de l'odeur de pissasphalte que répandent souvent les basaltes, les granits qui en sont voisins, et même certaines laves modernes, quand ces terrains sont fortement échauffés par le soleil. Je renvoie à ce que j'en ai dit ci-dessus, n° 202.

En remontant de Mont-Redon à la Serre de Fonfredde par *Roulhat-haut*, on rencontre la couche de scories sur laquelle repose le basalte du Puy de Nadailhat.

Élév. absolue en mètres.

223. Poudure, autrement *Chéz-Derne*, à la tête du lac d'Aidat..... 892

Maison de pêcheurs, isolée sur une plate-forme qui domine le lac. Le sol de la cour est formé d'un lambeau de basalte dont je n'ai pas retrouvé la continuation au-dehors.

e. *Environs de Saint-Sandoux et d'Olloix.*

224. Puy de Barnère ou de *Saint-Sandoux*..... 860

Barnère paraît être le nom ancien, le vrai nom de cette montagne. En l'appelant Puy de Saint-Sandoux, on lui donne le nom du bourg voisin, mais cela fait équivoque avec le roc de Saint-Sandoux, qui forme le côté opposé du vallon; et quant au nom de *Mont-Tilly*, sous lequel je le vois indiqué dans la carte de l'académie, je ne sais d'où il vient, et je n'ai trouvé dans le pays personne qui le connût.

Le Puy de Barnère est, comme Gergovia, le reste d'un vaste plateau formé de couches redoublées de basalte; mais il est moins allongé, plus haut, plus isolé, et se présente d'une manière très-imposante en avant des montagnes granitiques. Le granit lui sert de base; au moins du côté du couchant, ainsi qu'on peut s'en assurer en y montant par *Chenat*, n° 209. Je n'ai pas eu occasion de reconnaître si le terrain d'alluvion s'y interpose du côté de la plaine, comme cela arrive dans la Serre de Fonfredde qui lui est parallèle au nord. La partie la plus élevée de sa large croupe est formée de *grünstein* volcanique, *mimose* de Hauy, et l'on retrouve cette modification du basalte à divers étages de la montagne; je dis modification, car il est aisé de reconnaître ici que ces deux roches passent de l'une à l'autre par des nuances insensibles, que le pyroxène et le feldspath, soit en cristaux, soit en grains, dont la mimose est composée, s'associent peu-à-peu le péridot, s'enveloppent ça-et-là d'une pâte basaltique, et que les mimoses à grains très-fins finissent par ne se distinguer en rien du basalte le plus homogène. Outre les variétés très-nombreuses de cette pierre, qui se caractérisent par la finesse ou la grosseur du grain, d'autres se font remarquer par la forme particulière des cristaux de pyroxène qui sont aciculaires très-allongés, quelquefois tout-à-fait capillaires, et s'entrecroisent dans tous les sens. Enfin la cassure de quelques-unes de ces mimoses montre un glacis bleuâtre que je crois dû au feldspath.

Du côté du nord, et au-dessus de Saint-Sandoux, on voit le basalte reposer sur d'immenses couches de *wakke* en grosses boules à couches concentriques. Ces *wakkes* ne sont autre chose que des basaltes et des mimoses, peut-être originairement altérés par des vapeurs acides, et du moins entièrement décomposés, quelle que soit la cause de cette décomposition.

Élév. absolue en mètres.

225. Saint-Sandoux, gros bourg; à la porte de l'église, 606
Château de Saint-Sandoux; dans la cour du château 629
Rocher de Peyrenère; au faisceau de prismes au-dessus du château 685

Le beau bourg de Saint-Sandoux est au pied de Barnère, du côté du nord. Le château est à l'opposite, sur la pente méridionale d'une côte basaltique, parallèle à Barnère, mais de beaucoup inférieure. Immédiatement au-dessus du château et dans ses dépendances, s'élève un rocher formé de beaux prismes divergens en éventail. Leur pâte renferme ça-et-là des éclats de granit. La hauteur est prise au sommet de ce rocher qui se trouve à la partie moyenne de la coulée. Le plateau s'élève beaucoup au-dessus, et sur-tout vers ses deux extrémités.

226. Le Maran, château 561

Cette belle maison de plaisance est située sur le flanc septentrional de la côte de Peyrenère, dont les pentes sont beaucoup plus douces de ce côté que du côté de Saint-Sandoux. Elle domine le riche vallon de Tallende.

227. Puy d'Olloix 1019
Petit Puy d'Olloix, autrement *Puy d'Auzenne* .. 927
Olloix, village; à l'église, entre les deux puys .. 876

Le bourg d'Olloix remplit en entier un petit vallon fort incliné, et s'élève sur sa pente, depuis la plaine jusqu'au col qui sépare les deux puys. Sur ce col même se trouve l'ancien château, et l'église est placée dans son enceinte. Là le sol est basaltique : le reste du village est sur le granit qui supporte ces basaltes. Les deux puys sont basaltiques aussi. La couche qui constitue le grand puy paraît très-épaisse. Le basalte y est en masses

informes, et contient moins de péridot que celui du petit puy, quoique l'un et l'autre appartiennent probablement à la même coulée. Dans le petit puy, cette substance est presque aussi abondante qu'à Prudelle et à Charade. La coulée repose ici sur un lit de *wakke*, qu'on peut observer aisément du côté qui regarde le château. Cette *wakke* est une brèche renfermant des substances très-diverses : on y trouve des débris anguleux de granit sain et décomposé, des éclats de schiste micacé, des nœuds de péridot, de très-beau pyroxène vert, des fragmens d'obsidienne, etc.

Au-dessous du grand puy, au couchant, se montre la tranche d'une grande nappe basaltique, formant le sol de la plaine qui s'étend vers les Monts-Dores.

f. *Environs d'Issoire.*

	Élév. absolue en mètres.
228. Puy d'Isson ou de *Solignat*.....	865
Solignat, village; dans la maison de M. Courbaëre.	651

J'avais déja donné la hauteur de ces deux points, dans mes Mémoires, page 131, n° 41, mais je l'avais conclue seulement de quelques observations comparées avec celles de Paris. Je la donne ici comme elle m'est fournie par les opérations trigonométriques de M. Broussaud. Il en résulte que mes mesures étaient trop faibles de douze mètres, ce qui n'est pas fort considérable, eu égard à la distance d'une centaine de lieues entre les deux instrumens.

Le Puy d'Isson est souvent nommé Puy d'*Usson*, même dans des actes publics. Il paraît par d'anciens documens que c'est une erreur, et il est à propos de la relever, pour qu'on ne confonde pas le Puy de Solignat avec celui d'*Usson*, qui se trouve à l'orient d'Issoire.

L'énorme coulée qui constitue à-la-fois le puy et le sol du village, n'est peut-être pas étrangère à celle qui forme le long plateau de *Bergogne*, l'un de ceux que le massif des montagnes occidentales jette en avant sur la plaine de l'Allier, comme autant de promontoires. De chacun de ces plateaux on voit une partie des autres; et on les voit tous de la plupart des puys qui sont placés à leur tête. Ils occupent du midi au nord un espace de plus de quarante mille mètres, courant tous du couchant au levant, et rangés par échelons dans l'ordre qui suit, en commençant par ceux qui bornent des deux côtés la belle plaine du Lambron : 1° le plateau de Villeneuve et Chalus; 2° le Puy de Solignat et le plateau de Ber-

gogne; 3° le plateau de Pardines; 4° les puys d'Olloix et Barnère; 5° le Puy de Nadailhat et la Serre de Fonfredde; 6° le Puy Girou et Gergovia; 7° les côtes de Clermont et Chanturgue.

A l'ouest de Solignat se montre le plateau granitique, bien plus sillonné ici de vallons qu'il ne l'est du côté de Clermont. On y remarque à Champeix, et sur-tout à Saint-Hérent, de superbes granits veinés.

g. Rive droite de l'Allier.

227. Puy de Mur ou de *Dallet*..... 612

L'un des points de la triangulation de Cassini, employé et vérifié par M. Broussaud, dont les opérations m'en ont fourni la hauteur. Plateau de basalte sur le terrain d'alluvion, contenant, si je m'en souviens bien, des couches d'aragonite. Je n'ai vu ce puy que très-superficiellement, et n'ai conservé ni échantillons ni notes. Il est à treize mille mètres à l'occident de Clermont.

230. Chateau de Mozun; dans la cour supérieure... 654

Il a été construit sur le chapeau basaltique qui recouvre une montagne de granit. La couche de basalte n'a pas plus de cent trente mètres d'épaisseur. On retrouve le granit en descendant au village, dont il constitue le sol. Voyez ci-dessus, n° 187.

Les ruines de ce château annoncent encore son ancienne grandeur, et se présentent sous un aspect très-imposant. L'enceinte extérieure était flanquée de dix-neuf tours: ce nombre, si l'on en croit la tradition, était précisément celui des villages qui dépendaient du château, et chaque village avait sa tour à garder et à défendre. On n'a aucune notion précise ni sur ses premiers maîtres, ni sur l'époque où il a été construit. Il a appartenu de bonne heure aux évêques de Clermont, qui l'ont possédé jusqu'à la révolution. Mais l'entretien de cette vaste structure leur étant devenu onéreux dès le commencement du dernier siècle, Massillon en avait été dispensé par arrêt du conseil. Dans les derniers temps, les parties demeurées habitables servaient de prison pour les ecclésiastiques.

TABLE.

	Numéros.
AIDAT, village	149
—— lac	139
AIGUILLIER, puy, à la Croix-Morand	36
—— puy, près le Puy de Sancy	12
—— chuque	37
ANGLE, *voyez* LANGLE.	
AMBERT, ville	183
AUZENNE, puy	227
BAFFAUD, village	75
BALLADOU, puy	35
BANNE D'ORDENCHE	58
BANNIÈRE, montagne	177
BARBIER, pré	103
—— puy	32
BARME, puy	130
BARMET, puy	158
BARNÈRE, puy	224
BARRAQUE (la)	161
Basaltes du Capucin	43
—— de la cascade de la Dogne	42
—— de la cascade du Mont-Dore	45
—— de la cascade de Quereilh	48
—— de la Croix-Morand	67
—— de Fougère	51
—— de la Queille	57
—— de Legal	52
—— de Maupertuis	70
—— de Prentigarde	47
—— du Puy Gros	50
—— de Rigolet bas	44
Basaltes de l'Usclade	53
BEAUMONT, village	181
BERGER (Pont du)	161
BERZÉ, puy	216
—— village	198
BESACE, puy	123
BESSE, ville	154
BOISSÉCHOUX, village	181
BONNE, village	195
Bornes de Laguièze	30
BOURBOULE, roche	1
—— village	99
BOZAT, plateau	17
Brèches des sources de la Dogne	86–87
—— de la Montilhe	49
BROUSSOU, puy	147
BUGHES (les)	76
Burons de Chamablanc	18
—— du Cliergue	91
—— de la Croix-Morand	34
CACADOGNE, puy	21
CAPUCIN (le)	19
Cascade de la Dogne	87
—— du Mont-Dore	24
—— de Quereilh	48
CASSIÈRE, puy	219
—— lac	139
CHABANO, puy	26
CHADRAT, village	211
CHACOURDAT, domaine	221
CHAGOURDET, puy	83
CHALARD, puy	145

Numéros.

CHAMABLANC, plateau..... 18
CHAMBON, village..... 6
——— lac..... 7
CHAMBOURGUET, puy..... 80
CHAMPEAUX, hameau..... 192
CHANNAT, puy..... 178
——— village..... 179
CHANNONAT, village..... 141
CHANTOUZET, montagne..... 63
CHAUMONT, puy..... 143
CHASTREIX, village..... 73
CHATRAT, village..... 194
——— puy..... 217
CHAUMONT, puy..... 166

Chemin du Mont-Dore
- à Besse..... 30
- au Cantal..... 9
- à Clermont..... 36
- à Issoire..... 35
- à Murol..... 34
- à Orcival..... 38
- à Rochefort..... 61
- à la Tour, par Bozat..... 17
- à la Tour, par Chamablanc.. 18

CHENAT, village..... 209
CHEZ-DERNE..... 223
CHEZ-SALA..... 109
CHEZ-VASSON..... 161
CHOPINE, puy..... 119
CHUQUE de l'Aiguillier..... 37
——— de Prénioux..... 96
CHUQUET du Cros de Pèze..... 62
——— de Montlibout..... 213
CLIERGUE, puy..... 16
——— (Burons du)..... 91
CLIERSOU, puy..... 116
CLUJADE, puy..... 27
COMEGRASSE, puy..... 148
COME, puy..... 159
COQUILLE, puy..... 170
COURLANDE (Roc de)..... 78

Numéros.

COURNOL, village..... 207
CREUX-MOREL..... 164
CROIX-MORAND..... 67–104
——— (Puy de la)..... 65
CROIX-TOUTTÉE..... 186
CROS DE PÈZE..... 62
CUZAU (Roc de)..... 22

DALLET (Puy de)..... 229
DENT DU MARAIS, rocher..... 107
DIANE, village..... 105
DOGNE, plateau et rivière..... 86–87
DOME (Puy de)..... 114
——— (petit Puy de)..... 155
Domite (protubérances de)..... 118
——— (terrain de)..... 120
DORDOGNE, rivière..... 88
DURBISE, plateau..... 23
DURTOL, village..... 161
DUVET, puy..... 217

ÉGAULES, hameau..... 179
Église des Corneilles..... 68
ENFER (Puy d')..... 150
——— (Vallon d')..... 89
ESCURES, domaine..... 4
ESPINASSE, village..... 152
——— (Narse d')..... 150
ÉTANG (l'), village..... 191

FÉLIGONDE, domaine..... 173
FERNE-HAUT, rocher..... 89
FERRAND, puy..... 10
FILHOU, puy..... 157
FINESTRE, village..... 108
FOHET, village..... 205
Fontaine du bois de Lessard..... 77
——— de la Pucelle..... 107
FONTCLAIRAN, village..... 149
FONFREDDE, village..... 141

Numéros.

Fontmore, domaine..... 161
Fougères, village..... 93
Fraisse, puy..... 162

Garendie (la), village..... 149
Genestoux, village..... 94
Goules (Puy des)..... 163
——— (passage des)..... 161
Goutte (Puy de la)..... 167
Grange (Pan de la)..... 11
——— (Puy de la)..... 15
Granit de la Bourboule et de Murat..... 1–2–3
——— de Chastreix..... 8
Gravenère, puy..... 180
Gromanaux, puy..... 124

Haute-Chaux, puy..... 31
Herment, ville..... 210

Infau (Puy de l')..... 150
Isson (Puy d')..... 228
Jume, puy..... 171

Labro, domaine..... 74
Lac d'Aidat..... 139
—— de la Cassière..... 139
—— du Chambon..... 7
—— de Guéry..... 60
—— Paven..... 82
Laguièze, village..... 5–30
Lamoreno, puy et passage..... 128
Lameye, puy..... 140
Langle, puy..... 30
——— plateau..... 24
Lantegy, puy..... 168
Laqueille, village..... 41
Laschamp, puy et village..... 127
Lassola, puy..... 137
Legal, hameau..... 41

Numéros.

Legal (Roche de)..... 52
Leironne, puy..... 169
Lessard, village..... 113
Louchadière, puy..... 174
Loueire, puy..... 38
Louve (Puy de la)..... 176

Malauzat, village..... 173
Maleroche, montagne..... 56
Manson (Puy de)..... 124
Marais (le)..... 85
Mareilh, puy..... 29
Maran, château..... 226
Martinanges, château..... 186
Mas (le), hameau..... 206
Maupertuis..... 70
Mercoeur, puy..... 131
Mone (Puy de)..... 32
——— (la), rivière..... 208
Montchal, puy..... 136
Montchalme, puy..... 154
Montchar, puy..... 129
Montché, puy..... 126
Mont-Dore, village et bains..... 25
Monteynard, puy..... 151
Montgy, puy..... 135
Montilhe (Roc de la)..... 49
Montillet, puy..... 133
Montjoli, domaine..... 181
Montjughat, puy..... 134
Montlibout, côte basaltique..... 213
Montoncelle, puy..... 188
Montredon, château..... 222
Mounaux, village..... 106
Mozun, château..... 230
——— village..... 187
Murat le Quayre, château..... 54
——— ——— village..... 97
Murol, château..... 84
——— village..... 153

	Numéros.
Nadailhat, village	220
Narse d'Espinasse	150
Nohannent, village	161
Nugère (la), puy	175
Olloix, puy et village	237
Oradou (l'), maison de plaisance	181
Ordenche (Banne d')	58
Ourdine (Roc d')	64
Pailharet, puy	14
Pailhoux, ruisseau et hameau	101–102
Pan de la Grange, montagne	11
Pardine, plateau	107
Pariou, puy	160
Paschier des Caves (Roc du)	69
Pasredon, puy	218
——— village	196
Paven, lac	82
Pessade, village	36
Pessy (le), village	55
Peyrenère, rocher	224
Peyroux (le)	197
Phialleix, village	204
Pierre-sur-Haute, montagne	182
Pierre-Picade, rocher	33
Ponteix (le), village	139
Poudure, maison	223
Pouge, puy	28
Poulet, puy	65
Pourcharet, puy	132
Pré du Barbier	103
Prénioux (le), village et montagne	96
Prenticarde, hameau et roche	101
Prudelle	214
Puy Gros, au sud de celui Sancy	13
Puy Gros, au nord des bains du Mont-Dore	41
Quayre, village	98
Quereilh, village	46
——— (cascade de)	48
Redon, village	199
Ribeyrolle, village et moulin	208
Rigolet, village et hameau	20
Roc-Barbu	90
Roche-Sanadoire	39
Roche-Vandeix	71
Rodde (Puy de la)	144
Romagnat, village	212
Roulhat-Haut, village	202
Route de Clermont à Ambert	185
——— ——— à Bordeaux	128
——— ——— à Limoges	161
——— ——— au Mont-Dore	41–54
Royat, village	181
Sabressou, puy	219
Saint-Amans-Roche-Savine, village	184
Saint-Amans-Tallende, ville	139
Saint-Genes-Champanelle, domaine	215
Saint-Julien, village	203
Saint-Sandoux, puy, bourg, château	224–225
Saint-Saturnin, bourg	139
Saint-Sauve, bourg	100
Saint-Vincent, sources	173
Sala (Chéz)	109
Salomon, puy	125
Sanadoire, roche	39
Sancy (puy de)	9
Sarcoui (Grand)	117
——— (Petit)	165
Sault (Petit et Grand)	121–122
Sausses, pâturage	79

	Numéros.
Sauteyras, village	149
Sauzet, village	201
Sauzet-le-Froid, village	152
Sayat, village	173
Solignat, village et puy	227
Suchet (Grand)	156
——— (Petit)	115
Tache (Puy de la)	33–34–66
Tartaret, puy	153
Thèix, village	141
Thedde, village	193
Thiers, ville	189
Touppe (Puy de la)	146
Tournoelle, château	190
Touttée (la Croix)	185
Tour (la), ville	72
Trigou, puy	32
Trioulérou, puy	40
Tunuiset, puy	172
Usclade (l'), village	95
——— (Roche de l')	53
Vache (Puy de la)	138
Vanoeix (Roche)	71
Vandeix, village, moulin, pont	110–111
Varenne, village	200
Vertula, hameau	106
Vassivière, chapelle	81
Vasson (Chéz)	161
Veysseire, village	112
Veyssereix, roche	54
Vichatel, puy	142
Villar, village	161
Vivanson, puy	59
Volvic, ville	177
Zanière, village	152

CORRECTIONS ET ADDITIONS.

N° 25. Bains du Mont-Dore.

La place que j'avais fait construire pour la commodité des baigneurs est au moment de recevoir une autre destination. On en construit une nouvelle en face des bains. Comme l'ancienne était le point où se rapportaient les mesures soit trigonométriques, soit barométriques, prises du Puy-de-Sancy, il fallait, avant qu'elle disparût, reporter ces mesures à la nouvelle place. J'ai déterminé, cette année-ci (1817), la différence de niveau entre l'une et l'autre. Le baromètre m'a donné deux mètres juste pour cette différence, et cette mesure a été confirmée par un nivellement exécuté avec le niveau d'eau : l'entrée de la nouvelle place est précisément de deux mètres au-dessous de l'angle N. E. de l'ancienne. Le même nivellement a rectifié de quelques décimètres les autres points que j'avais précédemment déterminés, et m'en a fourni une couple de plus. Il faut actuellement substituer les mesures suivantes à celles qui sont rapportées dans mon article ; savoir :

Bain de César	1058.
Grand bain	1056.
Station de mon baromètre	1055.
Fontaine de la Madelaine	1048.
Nouvelle place	1048.

N° 86. *Plateau des sources de la Dogne ;* lisez : *de la Dore.*

N° 87. *Source de la Dogne ;* lisez : *de la Dore.*

N° 88. Dans cet article et dans les deux précédens, substituer par-tout *Dore* à *Dogne,* et réciproquement.

En effet, c'est la *Dore* qui naît entre le Pan de la Grange et le Puy de Sancy, sommet culminant du *Mont Dore ;* et la *Dogne* a sa source entre ce même Pan de la Grange et *Cacadogne* ; en sorte qu'il y a communauté d'étymologie entre le nom de chacune de ces sources et celui de la mon-

tagne qui le domine : Cacadogne prête le sien à la Dogne, si ce rocher lui-même ne l'a reçu du ruisseau qui naît à sa base ; et le Mont Dore, *Mons Duranius* des anciens, est évidemment le mont de la Dore, et non le Mont d'or, *Mons aureus*, comme on s'obstine à l'écrire en français et en latin.

Le profond ravin où tombe la cascade de la Dore, n° 87, est appelé par les gens du pays, *Vallon de la Craie*, à raison du tuf rouge qu'ils en extraient pour colorer leurs fromages. Cette substance y est en fort petite quantité et dispersée en veines. On la trouve entre les assises qui forment l'escarpement supérieur. Au-dessous des brèches qui composent le sol du plateau, il y a des lits de porphyre. Le plus élevé de ces lits que j'aie été à portée d'observer est d'un gris noir ; au-dessous, on en voit un autre de couleur plus claire et entièrement semblable à celui dont le Puy de Sancy est formé. Le tout est supporté par un grand banc de tuf blanc qui constitue la base du ravin. Il contient des fragmens de diverses pierres, et ne diffère en rien du tuf qu'on observe au fond de la Vallée d'Enfer, n°. 89. Les blocs et les fragmens accumulés tout le long du ravin, appartiennent pour la plupart aux brèches indiquées dans les art. 86 et 87, et l'on trouve parmi ces fragmens ceux de la roche qui contient du soufre en grains ; il ne m'a pas été possible de l'apercevoir en place. Ces fragmens sont en petit nombre et toujours d'un petit volume, d'où l'on peut inférer qu'ils appartiennent à des veines ou filons de petite dimension. Mais la substance que la sublimation sulfureuse a pénétrée n'est pas toujours semblable à elle-même : tantôt elle se présente sous l'aspect d'un pétrosilex de texture uniforme ; tantôt sous celui d'une brèche pétrosiliceuse à grains arrondis d'une couleur grise. C'est sous cette dernière forme qu'on la rencontre le plus souvent, et beaucoup de fragmens de cette espèce paraissent entièrement dépourvus de soufre, quoique tous se recouvrent à l'extérieur d'une couleur jaunâtre quand ils ont été longtemps exposés à l'air. Je n'ai retrouvé cette pierre ni dans le Vallon d'Enfer, ni dans le ravin de la Dogne, d'où je suis porté à induire que le Vallon de la Craie est l'origine unique des galets de cette sorte qu'on rencontre le long de la Dordogne jusqu'à une grande distance.

N° 90.

Le Roc Barbu montre à sa partie supérieure, du côté du nord, plusieurs assises de laves porphyritiques ou basaltiques. La plus basse de ces assises paraît reposer sur le tuf et se fléchir au gré de ses saillies. Une partie s'est écroulée, et cet éboulement, qui se prolonge jusqu'au lit du

torrent, est composé de prismes dont le diamètre atteint jusqu'à 6 décimètres : c'est un des porphyres trapéens de Werner ; ce serait, pour Cordier, une leucostine compacte, porphyroïde, passant au basalte. La solidité de ces prismes est telle, que plusieurs ont été charriés entiers et sans perdre leurs angles, jusqu'au voisinage des bains du Mont-Dore. Dans le même éboulement on rencontre du porphyre noir extrêmement dur et singulièrement sonore. Il procède vraisemblablement des assises supérieures. Le fond du vallon est creusé en entier dans le tuf et la brèche, mais présente une multitude de fragmens des laves dont on aperçoit la coupe sur ses parois. J'y ai remarqué beaucoup de porphyres à base d'obsidienne, d'autres où cette dernière substance ne se trouve qu'en veines irrégulières ou en grains épars; d'autres enfin dont la pâte est presque entièrement réduite en filets ponceux, tandis que les cristaux qu'elle renferme sont à peine frités.

N° 206. A la fin de l'article, on lit : *où l'on trouve des noyers;* lisez : *où l'on trouve des vergers.*

APPLICATION

DES NIVELLEMENTS

Exécutés dans le département du Puy-de-Dome, à la Géographie physique de cette partie de la France.

PAR M. le B^on^. RAMOND.

Lu à l'Institut, le 7 août 1815.

AU moyen des additions considérables que mon nivellement a reçu durant ces dernières années, le nombre des hauteurs actuellement mesurées dans le département du Puy-de-Dome approche de quatre cents. L'une des utilités les plus prochaines de ces nivellemens consiste dans leur application à la géographie physique; et le mien a cet intérêt, qu'il correspond en même temps au parallèle moyen et à la région de la France où les montagnes sont le plus élevées et les niveaux le plus différens. Je vais donc envisager sous ce point de vue la superposition des couches minérales, et examiner comment les habitations, la végétation spontanée et les cultures se distribuent sur une échelle verticale de dix-neuf cents mètres, entre le 45^e^ et le 46^e^ degré de latitude.

§ I^er.

Superposition des terrains.

Un vaste plateau de granit, séparé à l'est des montagnes du Forêz par la vallée de l'Allier, et s'étendant indéfiniment du côté du couchant, constitue le sol primitif du département du Puy-de-Dome, quoiqu'il n'occupe qu'une partie de son territoire, et sert d'appui aux terrains d'origine très-diverse qui comblent ses interstices ou s'élèvent sur ses croupes. Il ne présente que des inégalités peu considérables; son élévation est sensiblement uniforme : mesurée de distance en distance et sur les points les plus saillans, elle ne varie guère qu'entre 9 et 1100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Les terrains déposés par les grandes eaux stagnantes sont tous inférieurs au plateau. Les traces de l'alluvion océanique m'ont paru très-rares : on les trouve entre 850 et 900 mètres. Plus bas se montrent les dépôts formés par une alluvion d'eau douce : ceux-ci ont beaucoup plus de volume et d'étendue; ils remplissent la vallée de l'Allier, et se composent de calcaires marneuses renfermant des coquilles fluviatiles, d'un peu de gypse, de beaucoup d'argiles, de galets et de sables agglutinés ou libres. Ces terrains ne s'élèvent pas au-dessus de 800 mètres, là même où ils ont été préservés par les couches de basalte qui leur servent de chapeau. Enfin, plus bas encore, on trouve des grès souvent pissasphaltiques, renfermant ordinairement du bois fossile, et, de loin en loin, quelques ossemens appartenans à ces races antiques qui n'ont plus d'analogues parmi les animaux

vivans. Je ne connais aucun terrain de cette sorte dont l'élévation absolue atteigne à 500 mètres.

Au-dessus du plateau tout est d'origine ignée; et, si les volcans n'avaient point agi, cette contrée ne serait qu'une immense plaine, descendant insensiblement jusqu'aux rives de l'Océan. Cette remarque avait déja été faite : le nivellement la justifie.

Les plus élevées et les plus anciennes de ces superpositions volcaniques sont du porphyre et du *klingstein*. Le Puy de Sancy en est le point culminant, et c'est en même temps la plus haute montagne de l'intérieur de la France. Elle serait visible en plaine à la distance de trente lieues. De son sommet, on voit la chaîne du Cantal sous une forme très-approchante de celle que présentent les Monts-Dores eux-mêmes, quand on les regarde des hauteurs qui dominent la ville de Clermont. De ce même sommet, on découvre aussi une portion des Hautes-Alpes et plusieurs de leurs glaciers, au-dessus et un peu à gauche de la petite ville de Besse. Pour jouir de cette vue, il faut attendre les jours sereins de l'automne ou de l'hiver. Quant aux Pyrénées, on ne saurait les apercevoir : elles sont au-dessous de l'horizon; mais il s'en faut de peu, car l'excès de distance n'est que d'une dixaine de lieues.

Immédiatement au-dessous des amas les plus élevés de porphyre, et parmi les brèches volcaniques qui s'y intercalent, on trouve les premières traces de basalte. Mais il ne forme des couches régulières qu'à la hauteur de 1500 à 1550 mètres : c'est celle des pics les plus hauts dont il constitue la cime. Quant aux coulées continues, on n'en trouve aucune au-dessus de 1400 mètres. De là elles descendent

graduellement vers le plateau de granit, et s'étendent jusqu'au terrain d'alluvion.

Les volcans récens ont éclaté sur la lisière des Monts-Dores et sur la ligne des puys de domite. Leurs déjections recouvrent tantôt le granit nu du plateau, tantôt l'encroûtement dont les éruptions antérieures l'avaient déja revêtu. La hauteur où l'on rencontre les laves modernes varie comme celle du sol où elles se sont épanchées. Les plus élevées se trouvent au sud du Mont-Dore. Là leur point de départ est à 1300 et 1350 mètres au-dessus de l'Océan, et les puys qui les ont vomies atteignent à 1400 et 1450 mètres. Mais ces volcans sont en petit nombre, et ceux qui forment la longue chaîne des Monts-Dores ne partent pas de si haut. Ici les laves se tiennent au niveau du plateau de granit, c'est-à-dire à 1000 ou 1100 mètres, et suivent la route que leur traçaient ses pentes. Quant à leurs puys, ils varient moins qu'on ne croirait en hauteur relative. Ce sont en général des cônes de 150 à 200 mètres; peu s'élèvent à 250, aucun à 300. Mais les cratères, tels que nous les voyons aujourd'hui, n'ont avec les cônes aucun rapport de proportion. Dans de très-grandes montagnes, ils sont souvent comblés ou détruits; dans d'autres, ils ont jusqu'à 500 et 600 pieds de profondeur, et le circuit de quelques-uns excède 1500 et 2000 pas. Le cratère du Vésuve atteignait à peine à ces dimensions après la mémorable éruption de 1794; et nos volcans éteints en ont eu de bien plus considérables encore, si l'on en juge d'après ce qui reste d'anciennes bouches actuellement réduites à une portion de leur contour.

§ II.

Eaux courantes. Lacs.

Le département du Puy-de-Dome est très-inégalement arrosé. Une grande partie de la Limagne n'a que l'Allier et un petit nombre de ruisseaux affluens qui tarissent en été. La hauteur moyenne du cours de l'Allier est de 300 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La région des Monts-Domes n'a d'eau que de loin en loin. Celle que fournissent les pluies et les neiges est absorbée par les terrains poreux formés de laves cellulaires et de débris volcaniques. Mais il en échappe çà-et-là quelques portions, et presque toujours à l'extrémité des coulées : c'est l'origine des belles sources de Royat, de Saint-Vincent et de Saint-Genês-l'Enfant. La naissance des premières est entre 400 et 500 mètres d'élévation absolue sur le penchant oriental du plateau granitique.

Dans la chaîne des Monts-Dores, au contraire, l'eau jaillit de toutes parts. Les sources de la Dordogne naissent peu au-dessous du faîte de cette chaîne. Elles sont au rang des plus élevées de la France, puisque celles de la Garonne appartiennent aux Pyrénées espagnoles. La partie du Puy de Sancy qui fournit à-la-fois la Dore et la Dogne est à 1700 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La région montueuse renferme un assez grand nombre de lacs. Les plus élevés se rencontrent à une hauteur absolue de 1200 à 1250 mètres, les plus étendus entre 800 et 900. Quelques-uns ont une grande profondeur : on a mesuré

celle du lac Paven : elle est de 228 pieds. La plupart sont poissonneux, et quand ils ne le sont pas, c'est par des circonstances indépendantes de leur élévation. La forme circulaire de certains lacs les a fait regarder comme d'anciens cratères, mais l'examen de leur enceinte n'a pas justifié cette opinion. En général, les cratères ne sont pas construits de manière à retenir l'eau, et l'on n'en trouve point dans ceux des Monts-Domes. Cependant cette règle n'est pas sans exception, et le creux de quelques bouches à feu en contient quand il s'enfonce au-dessous du sol commun et pénètre dans les laves denses.

§ III.

Habitations. Routes.

Le fond de la Limagne est peuplé de villages considérables et de petites villes; mais, hormis Riom, aucune des villes principales ne se trouve au niveau de cette riche et vaste plaine. Clermont couvre un monticule dont la croupe s'élève à plus de 100 mètres au-dessus de l'Allier et à 418 au-dessus de la mer. C'est 200 toises plus haut que l'Observatoire de Paris. Thiers est à la hauteur de Clermont. L'élévation d'Ambert excède 540 mètres; celle d'Issoire tient le milieu entre ces hauteurs : on peut comparer la situation de ces villes à celle de Genève et de plusieurs villes de la Suisse.

La plus grande hauteur où l'on rencontre des communes chefs-lieux de canton, est entre 1000 et 1050 mètres. Les petites villes de Besse et de la Tour se trouvent dans ces

limites, ainsi que Chastreix, Murat, et les bains du Mont-Dore. C'est, dans les Pyrénées, la hauteur de Gèdre; dans les Alpes, celle de l'abbaye d'Engelberg.

Au-dessus, il n'y a que de petits villages. Le plus élevé de tous est *Diane,* que j'ai trouvé à 1340 mètres. La chapelle de *Vassivières,* pélérinage accrédité dans le pays, n'est qu'à 36 mètres au-dessous. Ces hauteurs sont intermédiaires entre celles de Barèges et de Gavarnie.

Plus haut, les habitations se réduisent à de simples *burons,* qui correspondent pour l'usage aux villages d'été de la haute Suisse. Ce sont des huttes en pierres sèches, couvertes d'un lambeau de gazon, et moitié enfouies dans la terre, où se réfugient les pâtres et se fabriquent les fromages durant le séjour que font les troupeaux sur les pâturages les plus élevés. Je n'en ai pas rencontré passé 1400 mètres de hauteur absolue, et il n'y a pas de raison d'en établir au-dessus, puisque ceux-là sont assez voisins des dernières cimes pour que la surveillance des bergers s'étende sans peine aux vaches qui les parcourent.

La distribution des habitations sur les montagnes n'est pas réglée uniquement par le climat de leurs différens étages; beaucoup d'autres circonstances y concourent : la nature du sol et sa configuration, l'espèce de culture dont il est susceptible, le genre d'industrie que le hasard a introduit ou que l'usage a fait prévaloir, enfin la force de la population et ses habitudes, ont leur part dans les arrangemens que détermine l'abaissement progressif de la température; et commele refroidissement des régions supérieures se modifie lui-même au gré de la forme, de l'aspect et de l'élévation

totale des montagnes, la hauteur absolue des lieux habités n'est jamais qu'un fait particulier dont on ne peut tirer aucune conséquence générale. Si l'on compare, sous ce rapport, deux chaînes semblablement situées, mais différentes en hauteur et en étendue, on voit très-ordinairement les degrés se proportionner aux dimensions de l'échelle, et la zone que le travail de l'homme féconde, s'étendre et se resserrer comme l'espace compris entre les sommets et leurs bases. Ainsi, dans les montagnes d'Auvergne, les habitations s'élèvent beaucoup moins qu'elles ne font dans la partie des Alpes située à la même latitude, et la structure particulière de ces montagnes conspire encore à éloigner les habitations de leurs cimes. Ce ne sont point des crêtes formées de sommets contigus, qui s'abritent mutuellement, varient les aspects, et couvrent d'étroits vallons où la chaleur se condense et procure souvent à de très-hautes régions les avantages d'un climat plus doux que ne le comportait leur élévation. Ici les sommités ne sont que de médiocres éminences, à peine saillantes sur le profil de la chaîne. Éparses et ordinairement séparées par de grands intervalles, elles dominent sans protéger. On ne voit que larges croupes, que longs plateaux, que vastes bassins, ouverts de toutes parts à l'inclémence des saisons, exposés à la tourmente des neiges, et livrés à la fureur des vents. Ces hautes plaines sont inhabitables, sur-tout quand elles se rapprochent des lignes culminantes de la chaîne; mais elles servent de passage: il a fallu y frayer les communications intérieures, les grandes routes elles-mêmes; la nécessité de donner à celles-ci une direction que tant d'inconvéniens

accompagnent, est encore une conséquence de la configurasation propre à cette singulière contrée.

Dans les chaînes de montagnes proprement dites, dans celles que l'action d'une cause générale a formées à-la-fois et comme d'un seul jet, il y a unité de plan, et la disposition de l'ensemble soumet à un certain ordre les dégradations mêmes où l'on serait tenté de ne voir que le caprice des accidens. Là les vallées constituent un système coordonné à celui des montagnes; elles se dirigent et s'embranchent avec une sorte de symétrie. Rarement leurs habitans ont intérêt d'abandonner les faciles communications que la nature leur a préparées, pour escalader les hautes barrières qui les séparent; et du moins ces sentiers abrégés, qui conviennent à l'agilité et aux habitudes des montagnards, ne leur sont jamais nécessaires dans la saison où ils deviennent périlleux. Enfin, faut-il gravir les crêtes intermédiaires ou franchir la chaîne elle-même : alors se présentent entre les pics, des cols étroits où l'on monte rapidement pour descendre de même, et ne rester que peu de momens exposé aux tourmentes de la haute région.

Ici, c'est toute autre chose. Du fond de la plaine s'élève brusquement un immense plateau, qui est demeuré sans vallées parce qu'il était originairement sans montagnes. Quelque part qu'on l'aborde, on ne saurait le tourner : il faut monter et parcourir son uniforme étendue. La grande route de Clermont à Limoges y passe à une hauteur absolue de 1000 mètres, et celle de Bordeaux à près de 1100. L'une et l'autre se maintiennent l'espace de plusieurs lieues à une élévation qui n'est guère inférieure au point culminant. Du

côté opposé et à l'est de l'Allier, c'est encore le granit que rencontre la route d'Ambert, et c'est encore à 1000 mètres de hauteur qu'elle parcourt longuement une contrée sauvage et presque déserte.

Au-dessus du plateau s'élèvent à leur tour les montagnes volcaniques; mais en vain elles ont une origine commune, chacune est le produit d'un accident particulier, et les laves de différens âges se superposent et s'entre-croisent sans ordre ni symétrie. Il y a peu de vallées continues, encore moins d'embranchemens réguliers. Par-tout les communications sont interceptées par des obstacles bizarres; où l'on devrait trouver une issue, on trouve un coteau; les parties habitables s'isolent, et les relations intérieures les plus habituelles et les plus nécessaires n'ont souvent d'autre voie que le dos des épais massifs qui s'interposent de toutes parts. Là circulent des sentiers que la fréquentation la plus continuelle ne saurait tracer qu'imparfaitement : âpres et difficiles quand ils traversent les laves raboteuses de la moyenne région, ils deviennent périlleux quand ils vont errer à l'aventure sur les pelouses ou les neiges des plateaux supérieurs. Dans les Monts-Dores, ils atteignent à une hauteur remarquable. De tous ceux qui se rencontrent à la Croix-Morand, un seul demeure un peu au-dessous de 1400 mètres. Le chemin de la Tour passe 100 mètres plus haut, et celui du Mont-Dore au Cantal s'élève jusqu'à 1800. Des passages renommés, dans les Alpes et les Pyrénées, ne sont pas plus hauts et n'ont guère plus de hasards. Ici, il est vrai, on ne connaît point les lavanges proprement dites, celles que produit l'éboulement des neiges sur des pentes rapides ; mais les

lavanges de vent ne sont pas moins fréquentes, et les ouragans ont tout autant de violence : on redoute également le froid qui surprend le voyageur, et les brouillards qui l'égarent. Ces dangers des routes supérieures ne sont même pas étrangers à celles qui parcourent plus bas la surface du plateau de granit. En hiver, on y est exposé de même aux tourmentes, aux brouillards, à l'âpreté des gelées, au tourbillonnement des neiges volages que le vent soulève et transporte avec une inconcevable furie. Les accidens sont fréquens : ils se multiplient proportionnellement à l'étendue de la région montueuse, et à la mobilité d'une population nombreuse et active, qui est en tout temps et à toute heure sur ses routes, et n'a pas le choix de meilleures. Il y périt annuellement plus d'hommes que je n'en ai vu périr en plusieurs années dans les hautes Pyrénées, malgré leurs glaciers, leurs précipices, et la témérité de leurs habitans.

§ IV.

Échelle des cultures et de la végétation spontanée.

La plaine de Limagne, base de notre échelle de hauteurs, est, comme nous l'avons dit, entre 300 et 400 mètres d'élévation absolue. J'ai observé durant sept années le thermomètre à Clermont, et j'ai trouvé que la moyenne température différait très-peu de celle de Paris, même en les comparant de saison à saison. On serait en droit d'en conclure que les deux climats ont entre eux beaucoup d'analogie; mais il faut considérer d'abord que le thermomètre de l'Observatoire de Paris touche à l'atmosphère échauffée d'une

ville immense, et indique une température supérieure à celle des campagnes limitrophes. Ensuite nos moyennes thermométriques ne nous montrent le climat que sous l'un de ses aspects : elles peuvent être pareilles, et avoir pour élémens des progressions de chaleur très-différentes. Eût-on imaginé une méthode d'observation qui réduisît ces progressions à des termes comparables, il faudrait déterminer aussi dans quelles proportions les différens sols sont accessibles à la température extérieure et disposés à en suivre les changemens. Alors même on n'aurait pas encore l'expression caractéristique du climat, sous les rapports qui tiennent à la végétation, si l'on ne parvenait à y faire entrer les quantités habituelles d'humidité atmosphérique, l'étendue et l'ordre de ses variations. Et il manquera toujours quelque chose à des formules déja si complexes; car les moindres différences entre les valeurs, d'ailleurs le mieux connues, deviennent considérables à leur point de rencontre avec les êtres organiques, qui comptent au premier rang de leurs prérogatives celle de porter sur la nature le tact de la vie, et de manifester par des signes évidens, leur sensibilité à des influences cachées, dont nos instrumens ne sauraient nous donner ni la notion ni la mesure. La végétation des environs de Clermont diffère visiblement de celle des environs de Paris : elle est plus vigoureuse, un peu plus hâtive et beaucoup plus variée; on lui trouve déja quelque chose de la physionomie méridionale. La fécondité du sol n'expliquerait qu'une partie de ces différences, car elles s'étendent jusqu'à l'espèce des plantes spontanément croissantes ou utilement cultivées. En vain les moyennes températures sont

pareilles, leurs élémens ne peuvent être semblables, la constitution de l'air n'est pas la même, et les effets de la latitude prévalent sur ceux de l'élévation relative.

Le fond de la Limagne se compose en général de terres fortes et glaiseuses. Aux approches de l'Allier, il s'y mêle des sables et du gravier. Du côté des montagnes occidentales, ce sont les débris des basaltes et des laves, et la fertilité qu'ils communiquent au sol est augmentée par la facilité des arrosemens. La culture, quoique moins variée qu'elle ne l'est dans la partie de la France où les Vandales ont introduit leurs méthodes, l'est beaucoup plus que dans les provinces encore trop nombreuses où l'agriculture gothique subsiste sans améliorations. Outre les céréales, on cultive le chanvre, et c'est une des meilleures productions du pays. Les prairies artificielles prennent faveur; on voit par-tout les fèves, les pois, les raves; par-tout les pommes de terre, très-mal plantées, mais enfin plantées en abondance; les jachères diminuent, et le climat, en se prêtant à la culture de la vigne, n'a que trop induit à l'étendre jusque sur les terres les plus productives, et jusqu'aux bas-fonds, quelque exposés qu'ils soient aux gelées d'évaporation. Beaucoup de plantations et de pépinières. L'orme est, dans certains domaines, l'objet de spéculations avantageuses. Les peupliers et les saules bordent les fossés de clôture, les rigoles d'irrigation ou de dessèchement. Le noyer ombrage les chemins et entoure un grand nombre d'héritages; il fournit au commerce des bois très-estimés, et à la consommation intérieure toute l'huile qui y est employée. Quant au châtaignier, il fuit les terres calcaires, et se confine dans les val-

lons inférieurs du plateau de granit ou sur les pentes couvertes de débris volcaniques. Mais ce qui donne sur-tout à la culture de la Limagne l'air de luxe qui la distingue, c'est l'étendue et la propreté des potagers dont les villes sont environnées, c'est le nombre prodigieux d'arbres fruitiers répandus de toutes parts; ce sont enfin les magnifiques *prés-vergers* que l'on rencontre au voisinage de Riom, de Clermont, et à l'embouchure de la riche vallée de Tallende. Ces vergers sont au rang des terres de France qui ont la plus grande valeur locative.

Pour qualifier plus précisément le climat, il convient de parcourir le calendrier de la végétation, et de noter l'élévation absolue où s'arrêtent les principales cultures. Mon point de départ est toujours le bassin de Clermont, à 350 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

Dès le milieu de février, et souvent plutôt, le coudrier est en fleur, avec l'hellébore commun. Avant la fin du mois, il y a des indices de foliation sur le groseiller épineux, le sureau et le chèvrefeuille des jardins, qui est ici indigène.

Dans la première quinzaine de mars fleurissent les ormes, immédiatement suivis des amandiers et des abricotiers en plein vent. On comprend qu'il n'est pas question des espaliers : ils ne pourraient servir de point de comparaison, vu l'influence que les abris et les soins exercent sur leurs développemens. L'amandier fructifie très-habituellement. Au reste, cet arbre demeure dans les jardins : il en est de même de l'abricotier. On ne cultive guère l'un et l'autre au-dessus du niveau de la plaine.

Le pêcher est bien moins délicat, et croît sans soins dans

les vignes, jusqu'à la hauteur absolue de 500 mètres. Il y fleurit à la fin de mars, avec les violettes, et durant quinze jours ou trois semaines, il teint en rose tous les coteaux qui environnent Clermont.

Les pruniers fleurissent une quinzaine de jours après les pêchers, et avec le prunellier des haies. Leur floraison est dans tout son éclat au commencement d'avril. Les poiriers les suivent de près, et les cerisiers à fruit doux ne tardent guère. Alors on a atteint ou dépassé le milieu de ce mois : l'aubépine pousse des feuilles; on voit des hirondelles, et l'on entend le chant de la fauvette.

La floraison des cerisiers à fruit acide succède à celle des cerisiers à fruit doux. Une petite espèce naine s'est naturalisée sur la pente des montagnes et s'y propage à-peu-près sans culture. Elle forme des bosquets sur les laves les plus rocailleuses, sur les rochers granitiques les plus arides, jusqu'à une élévation absolue d'environ 600 mètres, et fleurit d'étages en étages depuis le milieu d'avril jusqu'aux premiers jours de mai.

Les pommiers et les coignassiers terminent la floraison des vergers, et les premiers en font le produit principal et le plus bel ornement. Cette floraison se prolonge ordinairement du 20 avril au milieu de mai. Alors l'aubépine fleurit, la vigne pousse, le saule blanc et le noyer développent leurs chatons.

Voilà l'ordre commun. Mais le printemps est la jeunesse de l'année, et en a tous les écarts. Tantôt des froids inattendus surviennent : la marche de la floraison est suspendue, et au retour des beaux jours, ses périodes se pressent et se

confondent; tantôt des chaleurs précoces accélèrent les développemens, et c'est en avril que les dernières fleurs sont surprises par les gelées qui avaient épargné les premières. On ne manque pas, dans le pays, d'attribuer ces vicissitudes au voisinage des montagnes, comme si l'Auvergne ne les partageait pas avec toutes les régions tempérées. Pour nos climats, le printemps est moins une saison distincte qu'une lutte entre l'hiver et l'été, dont les chances décident en partie du sort de l'année. Au reste, les hasards que court la floraison ne découragent pas le cultivateur tant qu'il peut espérer la maturation des fruits : la montagne a des cerisiers; on y cultive les pommiers jusqu'à une élévation absolue de 800 à 900 mètres, et à cette même hauteur j'ai vu réussir, à force de soins, des pêchers en espalier.

En mai, le temps se rassure. Ce mois est ordinairement moins pluvieux que celui de juin, et sa température moyenne est quelquefois plus élevée. Le marronnier d'Inde fleurit du 10 au 15. Bientôt après on voit fleurir dans les champs la fève de marais. Vers la fin du mois, c'est le tour des seigles, avec le sureau, les églantiers, l'acacia et les chèvrefeuilles. Mais les végétaux indigènes, moins sensibles au caprice des saisons que les espèces cultivées, ont dans leurs développemens une toute autre uniformité. L'époque de leur floraison se ressent fort peu de la diversité des années, et l'on voit quelquefois celle des seigles se déclarer dès le commencement du mois sans que les arbrisseaux des haies participent sensiblement à cette accélération.

Il est rare que les premiers jours de juin passent sans que l'on ait quelques cerises. Dans la première quinzaine les froments fleurissent avec les tilleuls, et l'on fauche des prairies

autour de Clermont. La floraison de la vigne se déclare aussi, mais à des époques assez variables. Dans les années hâtives, elle commence dès le 5 : plus ordinairement du 12 au 15. Trop souvent elle est interrompue ou ralentie par les pluies solstitiales : toujours elle se prolonge jusqu'à la fin du mois, et même jusqu'au 8 ou 10 juillet pour les vignobles les plus élevés. Les limites supérieures de cette culture se trouvent à 600 mètres de hauteur absolue : là le raisin mûrit mal; au-dessus, il ne mûrit plus.

Dans les années favorables, le châtaignier montre ses premières fleurs avant la fin de juin; plus communément, c'est vers les premiers jours de juillet, et sa floraison se prolonge jusqu'au 20 de ce mois. Il réussit plus haut que la vigne : on le rencontre encore à 700 mètres d'élévation absolue, et il y végète vigoureusement. Mais cet arbre est loin d'atteindre ici aux gigantesques dimensions qu'il acquiert souvent dans des contrées plus méridionales, et, par exemple, aux Pyrénées, où j'ai mesuré un tronc de quarante-quatre pieds de tour.

Les seigles et les orges sont en état d'être coupés dès le 1er juillet, et même cinq ou six jours plus tôt dans les bonnes années. La moisson du froment s'effectue en entier dans la seconde quinzaine du mois, et se termine rarement sans que les treilles aient quelques raisins mûrs.

Quant aux vendanges, il est peu ordinaire de les voir commencer avant les derniers jours de septembre : elles se prolongent jusqu'au 15 octobre, et dans les mauvaises années jusqu'au 30. En 1811, on vendangea, à Issoire, dès le 20 septembre; mais la vigne avait commencé à fleurir le

1er juin, et sa floraison était terminée le 15. Les seigles étaient coupés et beaucoup de prairies fauchées du 5 au 10 du même mois ; et telle a été la température de cette année mémorable, que les églantiers et les acacias fleurirent en août une seconde fois, qu'au milieu d'octobre les tilleuls poussaient de nouvelles feuilles après avoir perdu les premières, que les oiseaux recommençaient leur nid en automne, que les pommiers fleurirent de nouveau au commencement de novembre, et qu'à la fin de ce mois des raisins de seconde pousse approchaient de la maturité.

Voilà l'histoire rurale de la plus belle partie de l'Auvergne, et spécialement du bassin de Clermont.

Immédiatement au-dessus s'élève le plateau de granit. En une heure de marche on en atteint la croupe, laissant successivement au-dessous de soi le noyer, la vigne, le châtaignier, les vergers, et presque toutes les productions qui font la richesse des campagnes. A 900 mètres d'élévation absolue, c'est une autre nature, un autre sol, un autre climat. La légèreté des terres, l'abondance des neiges, la brièveté des étés, réduisent la culture à celle des seigles et de la petite avoine connue sous le nom expressif de *pied de mouche*. Plus haut, cette culture cesse même d'être régulière ; elle se promène au hasard sur de vastes landes couvertes de bruyères et de genêts, dont on retourne et brûle çà-et-là le gazon pour en tirer une ou deux maigres récoltes et les rendre ensuite à la nature. Cependant où il y a de l'eau, il y a un village et des prairies ; il y a de petits jardins dont les choux font l'ornement, dont le groseiller et le framboisier sont le luxe, et où l'on cultive aussi des oignons,

que l'on tire des potagers de la Limagne. Dans les haies, c'est toujours le prunellier, l'aubépine, le sureau, les ronces communes, et des églantiers entre lesquels je distingue le *rosa rubrifolia* de la Flore dauphinoise. La floraison de ces arbrisseaux retarde de vingt à vingt-cinq jours sur celle de leurs analogues de la plaine. La fenaison et les moissons éprouvent le même retard, et sont souvent reculées encore par les pluies du printemps et de l'été. L'orme est du petit nombre des arbres que l'on propage, et le frêne celui qui tient le premier rang dans les clôtures. On commence à voir le saule pentandre le long des ruisseaux, et le bouleau sur les landes et les courans de lave; mais l'arbre caractéristique de cette contrée est le pin rouge ou pin d'Écosse. Il forme des bouquets sur toutes les éminences, et couvrait sans doute autrefois une grande partie du plateau. Ce qu'il y a de singulier, c'est qu'il s'arrête là et ne se montre pas plus haut. Dans les Pyrénées, il dépasse tous les conifères et atteint la région glaciale; ici il se confine dans la région moyenne, et abandonne au sapin les montagnes supérieures.

Le plateau et les puys qui s'y élèvent ont été revêtus aussi d'épaisses forêts de hêtres : long-temps avant la révolution, il en restait peu de chose; actuellement elles sont entièrement détruites. Les moutons y ont gagné quelques pâturages, et la population des villages s'est accrue, mais comme il est peu à desirer qu'elle s'accroisse : en augmentant seulement le nombre des misérables.

Lorsque l'on passe du plateau aux Monts-Dores, la scène change une seconde fois, et c'est le tour des richesses pastorales, presque entièrement refusées à cet espace intermé-

diaire qui sépare la plaine de la montagne, et participe de toutes deux sans avoir les avantages ni de l'une ni de l'autre.

Aux Monts-Dores, les habitations ne sont pas moins élevées qu'au plateau, et la culture s'élève beaucoup plus; mais c'est qu'il y a là des vallons abrités, des pentes qui réfléchissent les rayons solaires, de l'eau à profusion, et, au lieu d'un sable maigre et stérile, d'épaisses couches d'un terreau excellent. Non-seulement le seigle, l'orge et l'avoine y prospèrent, mais on ose y cultiver des fromens trémois, et l'on y voit quelques chénevières. Ces chanvres réussissent à 1000 mètres d'élévation absolue. A la même hauteur les fromens sont superbes, et l'on trouve de très-beaux seigles jusqu'à 1300 mètres, à l'exposition du midi.

Les petites cultures sont la pomme de terre et le sarrasin commun. On abandonne les plus mauvaises terres au sarrasin de Tartarie, bien inférieur à l'autre en qualité, mais qui croît où l'on veut, se reproduit spontanément, brave l'inclémence des saisons, et ne manque jamais.

Peu de productions ont ici ces avantages, et les céréales n'éprouvent que trop l'infidélité d'un climat sujet à d'étranges vicissitudes. Presque toujours les premières apparences sont belles; trop souvent elles sont trompeuses. Le danger est dans les pluies de l'été et les froids de l'arrière-saison. J'ai vu la fenaison reculée jusqu'au mois d'août, les seigles à peine mûrs en septembre, les fromens et les avoines pourrissant sur pied au milieu de l'automne. Mais, dans l'ordre commun, la floraison et les récoltes ne retardent sur celles de la plaine que de trente à quarante jours.

Au reste, la plus solide richesse des Monts-Dores est dans

leurs prairies, que fertilise une irrigation abondante et bien dirigée; elle est dans leurs vastes herbages, qui n'ont rien à redouter du climat et de ses intempéries, parce qu'ils sont le produit du climat même et de tous les dons de la nature le plus volontaire. En été, ils se couvrent de troupeaux. Les bêtes à cornes ont toutes les préférences, et les meilleurs pâturages se divisent entre les vaches à lait, les genisses, les veaux et les bêtes à l'engrais. Ces troupeaux sont beaux, et sans égaler ceux des Alpes, ils en rappellent l'aspect par la diversité et la bigarrure de leur pelage. Les chevaux et les mules n'obtiennent que le second rang dans la répartition des herbages; les moutons en sont exclus, et la chétive espèce indigène se répand sur les plus maigres pelouses. C'est le contraire aux Pyrénées : les moutons sont là au premier rang dans les spéculations de l'économie pastorale; on leur abandonne les plus riches montagnes, et, dès le printemps, on y voit affluer, de la France et de l'Espagne, d'innombrables troupeaux, entre lesquels se distinguent ceux de la grande espèce d'Aragon à laine longue. Les vaches demeurent plus bas, à la proximité des villages, éparses et peu nombreuses, petites de stature, pauvres de lait, toutes d'un poil commun et d'un roux uniforme.

A la hauteur de 1000 et 1100 mètres, où se trouvent les principales communes des Monts-Dores, peu d'arbres fruitiers réussiraient sans des soins que les habitans ne sont guère disposés à leur donner. On rencontre seulement çà-et-là quelques noyers qui produisent rarement, et un petit nombre de pruniers et de cerisiers dont le fruit ne parvient pas toujours à sa maturité. Mais le framboisier est là dans

sa patrie, et j'ai remarqué parmi les ronces le *rubus glandulosus* de la Flore piémontaise, que j'avais trouvé de même dans les Pyrénées, à une élévation de 1000 à 1300 mètres.

On voit dans les forêts le groseillier des Alpes, celui des rochers *(ribes petræum)*, le sorbier des oiseaux, le sureau à grappes, le chèvrefeuille des Alpes, l'amélanchier, le néflier cotonneux *(mesp. cotoneaster)*. Le long des ruisseaux croît le saule pentandre, que l'on a déja vu sur le plateau de granit, mais qui acquiert ici une vigueur et un éclat si extraordinaire, qu'on serait tenté d'en faire une espèce distincte. Le frêne entoure les habitations. Le tilleul n'est pas rare : c'est celui à larges feuilles; il fleurit vers le milieu de juillet; les églantiers et le sureau, au commencement de ce mois. L'érable plane est commun, et le hêtre a fourni des forêts dont on ne voit plus que de misérables restes. Le sapin s'est mieux défendu : il couvre encore des vallées entières, et il y végète vigoureusement jusqu'à la hauteur où les abris l'abandonnent, c'est-à-dire jusqu'à 1500 mètres et plus au-dessus du niveau de la mer. Nul doute qu'il ne s'élevât encore davantage, si la violence des vents ne le repoussait des sommités dont il revêt les pentes. Dans les Pyrénées, en effet, il monte jusqu'à 1700 et 1800 mètres sur le flanc des hautes montagnes qui le protègent; mais là, il fait place aux pins, et ceux-ci prennent les devans pour ne s'arrêter qu'au bord des neiges éternelles; ici, au contraire, c'est le pin qui demeure en arrière, et j'ai déja fait remarquer cette inversion singulière. Je n'y vois, au reste, qu'une modification introduite par la qualité du sol dans les distributions tracées par le décroissement de la

température. Les deux espèces ont en commun la faculté de supporter la froidure de régions très-élevées, mais à condition qu'elles y trouveront le terrain propre à leur nutrition. Au Mont-Dore, le sapin satisfait pleinement à sa tendance, parce qu'il rencontre par-tout le terreau où il paraît se plaire. Le pin aime le gravier et les sables, les trouve sur les hauteurs des Pyrénées, et s'y élève. Ici, il s'arrête au point où ce sol l'abandonne.

Les Monts-Dores offrent les plantes que l'on est accoutumé de rencontrer dans les lieux élevés, mais rien de ce qui caractérise les végétations vraiment alpines. Le rhododendron n'y est point, quoique le Puy de Sancy et plusieurs des sommités voisines s'élèvent de 200 ou 300 mètres au-dessus de la ligne où il commence ailleurs à se montrer. Pour se rendre raison de son absence, on n'a pas besoin de recourir aux diversités des aspects et du sol, ou au caprice de la dissémination primitive. Il manque tout de même dans les Pyrénées et les Alpes, quand la hauteur totale des montagnes n'excède pas de beaucoup celle de la zone où cet arbrisseau se confine. Rien de plus simple : la limite inférieure où s'arrêtent les végétaux ainsi cantonnés remonte vers les sommets à mesure que ceux-ci s'abaissent, parce que, à élévation égale, le froid diminue comme la hauteur et le volume des montagnes.

Ceci explique pourquoi les Monts-Dores, qui ne s'élèvent point à la hauteur des neiges permanentes, n'ont de plantes alpines que celles dont la constitution est assez flexible pour leur permettre de descendre jusqu'aux régions tempérées. J'en citerai quelques-unes; et dans la vue de qualifier

plus exactement le climat, j'indiquerai en même temps certaines espèces plus communes qui vont en remontant à la rencontre de celles-là.

De toutes les plantes que j'ai vues au Puy de Sancy, les plus alpines sont la soldanelle, l'*androsace carnea*, le *gnaphalium supinum*, la *saxifraga cespitosa*. On y trouve aussi les petites gentianes à fleur bleue, savoir : *G. acaulis, verna* et *nivalis; bartsia alpina; euphrasia minima; juncus spicatus* et *filiformis; phyteuma hemisphærica* et *spicata; sisymbrium dentatum* d'Allioni; *reseda sesamoïdes; silene rupestris; geum montanum; trifolium thalii* de la Flore dauphinoise; et, parmi les graminées, *avena versicolor, phleum alpinum, aira montana, agrostis alpina, sessleria cærulea, festuca aurea.*

Au sommet, j'ai recueilli le véritable *cerastium alpinum* tel que je l'avais trouvé au sommet du Mont-Perdu, et tout semblable aux échantillons que j'ai reçus sous ce nom des montagnes d'Autriche : c'est assez dire que cette plante s'accommode de climats très-différens.

Sur les pentes du pic croissent le *meum* à profusion, l'*hieracium grandiflorum* avec le *senecio doronicum, narcissus pseudo-narcissus, centaurea montana, serratula tinctoria, pyrethrum halleri;* plus bas, le *cnicus eresythales;* çà-et-là une belle variété à larges feuilles de la *gentiana pneumonanthe :* M. de Lamarck l'a distinguée. Elle se trouve également aux Pyrénées, mais seulement dans les vallées inférieures, et spécialement sur les côtes de Bagnères.

Sur le terrain mouvant des précipices, on remarque le *dianthus cæsius,* d'un éclat et d'un parfum admirable; sur

les plateaux exposés au vent, l'*anemone sulfurea* avec l'*alpina* et la *vernalis;* aux sources de la Dogne, c'est-à-dire à 1700 mètres d'élévation absolue, un mélange de plantes appartenantes à diverses régions : *saxifraga stellaris, eriophorum angustifolium* et *vaginatum, phellandrium mutellina, selinum pyrenæum, swertia perennis, salix sericea, ranunculus aconitifolius,* bien différent du *platanifolius, cacalia albifrons* avec l'*imperatoria ostruthium,* et l'*aconitum neomontanum* de Willdenow à pédoncules glabres, qui est, si je ne me trompe, le *napel* de Decandolle. N'oublions pas le *jasione perennis,* belle espèce découverte par M. de Lamarck : elle est répandue sur toutes ces montagnes, mais n'a nulle part des caractères aussi tranchés et une figure aussi particulière que vers les sommités, et notamment sur le col qui sépare le Puy de Sancy du Puy Ferrand. Là, ce sont des gazons courts, serrés et tout couverts de fleurs. Cette plante et le *cacalia sarracenica* sont jusqu'à-présent les seules qui paraissent particulières à l'Auvergne. La dernière croît abondamment dans toutes les forêts des Monts-Dores. Le *sonchus cœruleus* de Smith n'y est guère moins commun; on y rencontre aussi le *S. plumieri,* mais plus rarement : c'est le contraire aux Pyrénées. On trouve également dans les bois et sur les rochers couverts, la saxifrage à feuilles rondes, l'euphorbe d'Illyrie, l'aconit lycoctone, et plusieurs espèces tout-à-fait némorales, comme *pyrola secunda, convallaria bifolia, circæa alpina,* etc.

Les pâturages secs sont infestés de *nardus stricta,* herbe dure qui ne convient guère qu'aux mules, et que les bêtes à cornes arrachent, faute de la pouvoir couper. Dans de

meilleurs herbages, on trouve le plantain et le trèfle des Alpes, qui s'associent ici comme aux Pyrénées ; sur tous l'*arnica montana*, le *veratrum album* et la grande gentiane jaune, qui descend jusqu'aux montagnes inférieures, couvre des espaces immenses, et a été l'objet d'un commerce assez considérable à l'époque récente de la rareté du quinquina.

Dans les champs les plus élevés et autour des habitations, jusqu'à 1300 et 1400 mètres, j'ai recueilli le galéopsis grandiflore ; sur les rochers exposés au midi, l'œillet de Montpellier, qui descend de là jusqu'au pied des Monts-Domes ; sur les plateaux qui dominent les bains, le genêt cendré, mêlé avec le genêt à balais ; vers Cacadogne, à 1600 et 1700 mètres, une belle variété à feuilles de buis, du genêt des teinturiers : elle a été connue de Jean Bauhin ; par-tout la rose des Alpes et ses nombreuses variétés, par-tout la grande violette tricolore des jardins. Ajoutons que Delarbre met l'angélique officinale au nombre des plantes qui croissent spontanément dans les prairies du Mont-Dore.

Le Puy de Dome, malgré la proximité des plaines et tout environné qu'il est de leur atmosphère, ne laisse pas d'avoir aussi sa part des plantes qui se plaisent dans les contrées montueuses. J'en nommerai au hasard quelques-unes : *ajuga alpina, trollius europæus, potentilla aurea, apargia pyrenaïca*, plus belle et plus vigoureuse qu'aux Pyrénées même ; *poa rubens, thesium alpinum, athamanta libanotis, valeriana tripteris, thymus lanuginosus, saxifraga hypnoïdes*, etc. Cette dernière descend de là jusqu'aux rochers de Royat, où elle se trouve à 500 mètres seulement au-dessus du niveau de la mer.

Sur la pente du puy et de ceux qui l'avoisinent, le *meum* croît encore, mais moins beau qu'au Puy de Sâncy. Au pied de ces mêmes montagnes, c'est-à-dire vers 1000 à 1100 mètres, on rencontre l'ornithogale des Pyrénées, la statice à feuilles de plantain, le bois joli, plusieurs rosiers, comme *R. villosa, tomentosa, rubrifolia;* ce dernier n'est même aussi commun nulle part.

Dans les taillis du plateau, foisonne le martagon; dans les bois, l'actée à épis et plusieurs orchis, entre lesquelles je remarque l'*O. sambucina.* Sur les coteaux, au penchant de la plaine et entre 600 et 800 mètres d'élévation, l'anémone des prés est extrêmement commune, si toutefois la plante que j'indique n'est pas une variété de la pulsatille. Au reste, sa fleur est d'un pourpre foncé, et ses divisions se recourbent en dehors. On trouve sur les mêmes coteaux, *helianthemum fumana* et *salicifolium, centaurea paniculata, cucubalus otites;* sur les gazons les plus secs, la grande carline à feuilles d'acanthe, dont le réceptable remplace quelquefois dans les cuisines celui de l'artichaut; dans les rocailles des laves, *allium victorialis;* dans les champs, au penchant du plateau, *androsace maxima, ornithogalum minimum, caucalis latifolia;* dans les fonds herbeux, *gentiana cruciata* et *asclepiadea;* plus bas, autour des vignes, *chrysocoma lynosiris, triticum junceum, sium falcaria, buplevrum rigidum, peucedanum silaus,* et une variété souvent uniflore de la *campanula persicifolia,* qui constitue peut-être une espèce distincte; dans les vallons inférieurs, *lychnis viscaria, chrysosplenium alternifolium, verbascum pulverulentum, salvia sclarea;* enfin, en abordant la plaine,

on voit à chaque pas accroître le nombre des espèces qui procèdent du midi de la France, et deviennent rares à mesure que l'on avance vers nos départemens septentrionaux.

Je ne pousserai pas plus loin ces énumérations. Ce n'est pas ici le lieu de faire une Flore. Nous en avons une, et toute incomplète qu'elle est, la Flore d'Auvergne fait assez connaître ce qu'il y a de variété dans les productions d'une contrée où les terrains, les aspects et les climats sont aussi diversifiés. Il me suffit d'avoir indiqué le caractère de la végétation locale, et montré à-peu-près comment elle se distribue sur les degrés de l'échelle que j'ai mesurée; mais puisque j'ai nommé des plantes, je ne puis me refuser à faire encore mention d'une espèce de nos côtes maritimes qui croît spontanément aux portes de Clermont. Le *glaux marina* se trouve dans tout l'espace compris entre cette ville et le village de Chamalières. Le sol est un bas-fond où viennent se perdre certaines sources minérales qui échappent au monticule de Clermont. Le gaz acide carbonique, la chaux et le fer abondent dans ces sources, et le peuple appelle ce petit canton *le Salin*. C'est, en effet, le salin pour le *glaux*, et il est clair que le gaz acide carbonique et ses combinaisons lui tiennent lieu ici des muriates qui ailleurs secondent sa végétation. Mais les semences d'où sont-elles venues, et comment se sont-elles rencontrées avec deux douzaines d'arpens cachés au pied du Puy de Dome? Ce fait, tout singulier qu'il puisse paraître, n'est pourtant pas unique : il se répète en divers endroits avec des circonstances peu différentes. Je dis plus : il est très-commun, et on le retrouve par-tout, pour peu que l'on considère les choses d'un peu plus haut

et sous un point de vue plus général. La moitié de la végétation de nos montagnes, une grande partie de celle de nos îles, offre le même phénomène, et les mêmes questions s'élèvent à propos de chacune de ces espèces qui se cantonnent dans certaines localités, où elles n'ont pu arriver de proche en proche, et se représentent à d'énormes distances dans des situations pareilles et pareillement circonscrites. La dissémination primitive a-t-elle été simultanée et générale? A-t-elle été particulière ou successive? Les espèces végétales, d'abord jetées au hasard ou produites pêle-mêle, se sont-elles ensuite triées en disparaissant peu-à-peu des lieux qui ne leur convenaient pas, pour subsister seulement dans ceux où elles pouvaient vivre? Au contraire, ce qui paraît l'exception ne serait-il pas la règle, et ne supposerait-on pas avec la même vraisemblance qu'il y a eu autant de créations spéciales que de climats, que de terrains, que de circonstances appropriées à chaque genre de productions? Alors ces espèces à tempérament inflexible, qui demeurent obstinément confinées dans le lieu où la nature les a mises, seraient les seules fidèles aux distributions primitives; tandis que la divagation des espèces errantes en aurait par-tout ailleurs effacé les limites... On multiplierait les suppositions sans peine : il est plus aisé de proposer des hypothèses que de choisir entre elles. Observons et recueillons des faits, au risque de voir beaucoup de questions s'élever, et d'expliquer réellement fort peu de chose.

Le tableau qui termine ce Mémoire présente les résultats sous le point de vue le plus propre à en faire apercevoir l'ensemble. Les points principaux de mon nivellement y

sont rangés par ordre d'élévation. Ainsi disposés, ils forment une échelle le long de laquelle on voit se distribuer les terrains, les habitations, les cultures, etc. Il pouvait être agréable d'y trouver aussi des points de comparaison entre l'Auvergne et d'autres contrées montueuses de l'Europe : je les ai choisis particulièrement dans les Pyrénées et les Alpes, pour les placer en regard de ceux qui leur correspondent.

ÉCHELLE DES HAUTEURS

DANS LE DÉPARTEMENT DU PUY DE DOME.

NOTA. *Les numéros sont ceux du nivellement général des Monts-Dores et des Monts-Domes. Quand l'article n'est pas compris dans ce nivellement, je cite la collection de mes mémoires, imprimés en* 1811.

HAUTEURS COMPARÉES.

	mèt.
Port de Gavarnie, *Pyrénées.*	2333.
Lac d'Oncet, *Pyrénées*....	2314.
Passage du Tourmalet, *Pyr.*	2194.
Hospice du Grimsel, *Alp.*.	2135.
S. Gothard, passage, *Alp.*	2075.
Mont-Cénis, passage, *Alp.*	2066.
Lac d'Escoubous, *Pyrénées.*	2052.
Lac de Liéou, *Pyrénées*...	2013.
Simplon, passage, *Alpes*...	2005.
Mont-Olympe, *Grèce*.....	1988.
Maurin, village, *Basses-Alp.*	1902.
Plomb du Cantal.....	1858.
Monte-Cervello, *Corse*....	1826.
Le Rigi, *Suisse*.....	1798.
Le Col de Tende.....	1795.
Lac de Gaube, *Pyrénées*...	1788.
Plateau d'Ereslids, *Pyr*...	1781.
Le Mezen, *Haute-Loire*... (Mémoires, p. 139, n° 55.)	1774.
Sierra-d'Estrem. *Portugal.*	1700.
Col de Cabre, *Cantal*.....	1690.
Sommet de la Lozère.....	1687.

Les hauteurs de la Suisse et de l'Italie m'ont été fournies par Saussure, la carte de Weiss, l'Atlas helvétique de Meyer, les tableaux de Humboldt; celles du Cantal par les opérations de M. Delambre; celles des Pyrénées par les nivellemens de Vidal et Reboul, de l'ingénieur Moisset, et par mes propres observations. Quelques autres sont tirées de l'Annuaire du bureau des longitudes, et plusieurs du nivellement du département du Gard, par M. d'Hombres Firmas.

LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.

	mètres.	
PUY DE SANCY. Sommet des Monts-Dores, n° 9...	1895.	MONTAGNES de porphyre.
PUY FERRAND; à l'extrémité orientale, n° 10.....	1863.	
PUY DE L'AIGUILLIER; au nord du Puy de Sancy, n° 12.....	1849.	
CACADOGNE; Monts-Dores, n° 21.....	1806.	
PUY GROS; au sud du Puy de Sancy, n° 13.....	1804.	
CHEMIN DU MONT-DORE au Cantal, n° 9.....	1793.	COMMUNICATIONS intérieures.
PUY DE LA GRANGE, au-dessus de la vallée d'Enfer, n° 15.....	1789.	
PUY DE CHABANO, au-dessus du vallon de la Cour, n° 26.....	1755.	
PUY PAILHARET; au sud de celui de Sancy, n° 14.	1752.	
PUY DE LANGLE, au-dessus des bains du Mont-Dore, n° 30.....	1750.	
PUY DU CLIERGUE; au sud du Puy de Sancy, n° 16.	1710.	
PUY TRIGOU OU DU BARBIER, n° 32.....	1703.	
SOURCE DE LA DOGNE; sur le plateau de Sancy, n° 87.....	1694.	

HAUTEURS COMPARÉES.			LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
	mèt.	mètres.	
Puy Mari, *Cantal*.....	1660.		
La Dole, *Jura*.....	1648.		
		Cascade de la Dogne; au point de sa chûte, n° 87.	1656.	
		Pierre-sur-Haute. Montagnes du Forèz, n° 182..	1646.	Granit des montagnes orientales
Hourquette d'Aure, *Pyr*..	1637.	Puy de la Tache. Croix-Morand, n° 34.....	1641.	
Winside, *Yorkshire*.....	1627.			
Schneekoppe, *Bohême*....	1608.			
		Puy de Pouge; entre les vallées de la Tour et de Chastreix, n° 28.....	1596.	
Puy Violan, *Cantal*.....	1594.			
L'Herins, *Pyrénées*.....	1575.	Puy de Mareilh, au-dessus des bains du Mont-Dore, n° 29.....	1572.	
Aigoual, *Mont. du Vigan*..	1566.			
Snoefials-Pokull, *Islande*..	1559.			
		Puy de Chagourdet, n° 83.....	1551.	Basalte en chapeaux isolés.
		Puy de l'Aiguillier, de la Croix-Morand, n° 36..	1535.	
		Puy de Chambourguet, au nord du lac Paven, n° 80.....	1534.	
		Puy Poulet, ou de la Croix-Morand, n° 65.....	1530.	
		Banne d'Ordenche, n° 58.....	1525.	
		Puy de Loueïre; Croix-Morand, n° 38.....	1519.	
		Plateau de Bozat; Monts-Dores, n° 17.....	1515.	Sapins.
Montagne des Géans, *Boh.*	1512.	Roc de Courlande, n° 78.....	1507.	
Andermatt, village de la vallée d'Urseren, *Alpes*.	1502.			
		Puy Gros, au nord des bains du Mont-Dore, n° 41.	1496.	
		Puy de Vivanson, à la suite de la banne d'Ordenche, n° 59.....	1492.	
		Chemin du Mont-Dore a la Tour, par Bozat, n° 17.....	1485.	
		Le Capucin, n° 19.....	1479.	
		Puy de Dome, n° 114.....	1476.	
Idas, chapelle, *Pyrénées*..	1466.	Puy Baladou, à la Croix-Morand, n° 35.....	1464.	
Gavarnie, village, *Pyr*....	1444.	Chemin du Mont-Dore a Clermont, n° 36.....	1438.	
Cabanes de Tramesaigues, *Pyrénées*.....	1435.			Basalte en coulées.
Montals, montagne, *Gard*.	1420.	Chantouzet; contre le Puy Gros, n° 63.....	1422.	
Source de l'Hérault.....	1409.			
Le Ballon, mont., *Vosges*.	1403.	Puy de Montchalme; sur le lac Paven, n° 154...	1415.	Puys Volcaniques de la région des Monts-Dores
		Roc d'Ourdine; Monts-Dores, n° 64.....	1401.	
		Buron supérieur du Cliergne, n° 91.....	1400.	Huttes Pastorales.
		Burons de la Croix-Morand; n° 34.....	1400.	
Hospital, village du S. Gothard, *Alpes*.....	1366.	La Croix-Morand; à la Croix, n° 67.....	1396.	
Butte de Sers; *Pyrénées*...	1336.	Diane, hameau, n° 105.....	1341.	Villages. Seigles.
Ben Nevis, mont., *Ecosse*.	1325.			
Briançon, ville.....	1306.	Chapelle de Vassivières; Monts-Dores, n° 81...	1304.	
		Puy de Montoncelle, n° 188.....	1299.	
Barèges, *Pyrénées*.....	1290.	Puy de Laschamp; Monts-Domes, n° 127.....	1279.	Puys Volcaniques de la chaine des Monts-Domes
		Petit Puy de Dome, n° 155.....	1276.	

HAUTEURS COMPARÉES.		mètres.	LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
Mounné, montagne près Bagnères, *Pyrénées*..... 1269.	Puy de Côme, n° 159.....	1272.	
	Puy de Mercœur, n° 131.....	1262.	
Bruchéca, montagne près Bagnères..... 1253.	Plaine de Chamablanc, Monts-Dores, n° 18....	1257.	
	Grand Suchet, Monts-Domes, n° 156.....	1250.	
L'Esperou, village, *Gard.*: 1230.	Lac de Guéry; Monts-Dores, n° 60.....	1246.	Lacs.
	Puy de Pariou; Monts-Domes, n° 160.....	1223.	
	Cliersou; *idem*, n° 116.....	1217.	
Fichtelberg, mont., *Saxe*.. 1212.	Petit Suchet, *idem*, n° 115.....	1214.	
	Puy de Louchadière; *idem*, n° 174.....	1206.	
Eglise d'Iberg, *canton de Schwitz*..... 1202.	Puy de Lassola; *idem*, n° 137.....	1204.	
	Lac Paven; Monts-Dores, n° 82.....	1202.	
Le Vésuve..... 1198.	Puy de Montchar; Monts-Domes, n° 129.....	1199.	
Mont-Parnasse, *Spitzberg*.. 1194.	Pessade, village, n° 36.....	1193.	
	Puy Chopine; Monts-Domes, n° 119.....	1192.	
	Puy de Monteynard, *idem*, n° 151.....	1190.	
Mont-Eriz, *Sicile*..... 1187.	Puy de la Vache; *idem*, n° 138.....	1186.	
	Puy Poucharet; *idem*, n° 132.....	1184.	
	Rigolet-Haut, hameau, aux Monts-Dores, n° 20.	1182.	
	La Roche Vandeix, *idem*, n° 71.....	1180.	
	Puy de Lamoréno; Monts-Domes, n° 128.....	1179.	
	Baffaud, village des Monts-Dores, n° 75.....	1174.	
	Puy de Jume; Monts-Domes, n° 171.....	1173.	
	Puy de Salomon; *idem*, n° 125.....	1169.	
	Mont-Jughat; *idem*, n° 134.....	1167.	
	Grand Sarcouï; *idem*, n° 117.....	1158.	
	Puy des Goules, *idem*, n° 163.....	1157.	
	Puy de Montgy, *idem*, n° 135.....	1156.	
Snowdon, *pays de Galles*.. 1155.			
Palais de S. Ildefonse, *Esp.* 1155.			
Puech de Lirou, montagne, *Gard*..... 1154	Puy de Lameye; *idem*, n° 140.....	1152.	
	Puy de Charmont, *idem*, n° 143.....	1150.	
	Puy de la Rodde, *idem*, n° 144.....	1146.	
Airolo, *Alpes-Ital*..... 1143.	Mounaux, village des Monts-Dores, n° 106.....	1140.	
Broken, montagne, *Saxe*.. 1140.	Laguièze, village, *idem*, n° 5 et 30.....	1132.	Granit du plateau occidental
	Puy de Fraisse; Monts-Domes, n° 162.....	1130.	
	Puy de Montché, *idem*, n° 126.....	1119.	
	Puy de Chaumont, *idem*, n° 143.....	1118.	
	Puy de Barme; *idem*, n° 130.....	1115.	
	Lessard, village des Monts-Dores, n° 113.....	1114.	
	Vandeix, hameau, au pied de la roche de ce nom, n° 110.....	1113.	
	Puy de Vichatel; Monts-Domes, n° 142.....	1107.	
Sierra de Foja, montagne des Algarves..... 1100.	Puy de Montchal, *idem*, n° 136.....	1103.	
	Puy d'Enfer; Monts-Domes, n° 150.....	1097.	

HAUTEURS COMPARÉES. mèt.		mètres.	LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
	Puy d'Allagnat; Monts-Domes, n° 122	1091.	
	Puy de la Touppe, *idem*, n° 146	1085.	
	Roche de Prentigarde; Monts-Dores, n° 101	1082.	
	Pailhoux, hameau, *idem*, n° 102	1082	
	Labro, domaine, *idem*, n° 74	1076.	
	Passage de la Moréno; route de Bordeaux, n° 128.	1075.	Grandes routes.
	La Veyseire, village, Monts-Dores, n° 112	1074.	
	Puy de Broussou, Monts-Dores, n° 147	1074.	
	Puy de Leironne, *idem*, n° 169,	1074.	
	Puy de Chalard, *idem*, n° 145	1073.	
	L'Usclade, village des Monts-Dores, n° 95	1072.	
Cèdre, village, *Pyrénées*.. 1064.	Rigolet-Bas, village, *idem*, n° 20	1071.	
Abbaye d'Engelberg, *Alp.* 1059.	Chastreix, village, *idem*, n° 73	1059.	Froments trémois.
	Sauzet le Froid, village, Monts-Domes, n° 152..	1058.	
	Espinasse, village, *idem*, n° 152	1057.	
	Puy de Nadailhat. (Mémoires, pag. 129, n° 32.).	1055.	Plateaux basaltiques prolongés sur la plaine.
	Bains du Mont-Dore, sur la place, n° 25	1052.	
	Zanière, village des Monts-Dores, n° 152	1051.	
	Fougères, village des Monts-Dores, n° 93	1048.	
	Chateau de Murat-le-Quayre; Monts-Dores, n° 54	1044.	Pins.
Grip, village, *Pyrénées*... 1043.	La Côte Verse. (Mémoires, pag. 127, n° 25.)	1041.	
Shehelien, mont., *Ecosse*.. 1039.	Besse, ville, n° 154	1037.	
	Legal, hameau des Monts-Dores, n° 41	1036.	
	Dent du Marais, vallée du Chambon, n° 107	1033.	
	Puy de Chatrat, près Saint-Genès-Champanelle, n° 217	1028.	
	Puy de Lantegy, Monts-Domes, n° 168	1028.	
	La Garendie, village, *idem*, n° 149	1025.	
	Murat-le-Quayre, village, Monts-Dores, n° 97..	1022.	Chanvres.
	Laqueille, village, *idem*, n° 41	1021.	Noyers. Pruniers.
	Puy d'Olloix, n° 237	1018.	Cerisiers a fruits doux.
Mont-Hecla, *Islande*..... 1013.	La Croix-Touttée; route d'Ambert, n° 186	1013.	
	Puy de Pasredon, près de Saint-Genès-Champanelle, n° 218	1010.	
	Passage des Goules; route de Limoges, n° 161	1009.	
	Puy de Manson. (Mémoires, pag. 126, n° 20.)	1009.	
	La Tour, ville, n° 72	1008.	
	Le Prénioux, village, Monts-Dores, n° 96	1005.	
	Narse d'Espinasse; Monts-Domes, n° 150	1002.	
	Puy de la Nugère, *idem*, n° 175	1001.	
	Quereilh, village, Monts-Dores, n° 46	998.	
Notre-Dame des Hermites, *Alpes*..... 982.	Laschamp, village, Monts-Domes, n° 127	984.	
	Le Pessy, village, Monts-Dores, n° 55	980.	

HAUTEURS COMPARÉES.		mètres.	LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
mèt.	Puy de Berzé, près S. Genès-Champanelle, n° 216.	977.	
Lac de Joux, *Suisse*..... 976.			
Mont-S.-Victor, *Provence*.. 970.			
	Saint-Julien, village, près le lac d'Aidat, n° 203.	967.	
	Chateau de Murol, n° 84.....	960.	
	Fontclairan, village, Monts-Domes, n° 149.....	956.	
	Le-genestous, village, Monts-Dores, n° 94.....	955.	
	Les Escures, domaine, *idem*, n° 4.....	951.	
	Puy Tartaret; Monts-Domes, n° 153.....	949.	
	Chatrat, village, près Saint-Genès-Champanelle, n° 194.....	942.	
	Phialleix, village, près le lac d'Aidat, n° 204...	936.	
Source du Gardon d'Alais. 935.	Puy de Channat, Monts-Domes, n° 178.....	936.	
	Mont-Rodeix, château. (Mém., pag. 129, n° 29.).	927.	
	Puy d'Auzenne, près Olloix, n° 227.....	927.	
	Finestre, village, Monts-Dores, n° 108.....	920.	
	Puy de Charade. (Mémoires, pag. 128, n° 28.)...	920.	
	Bonne, village, près Saint-Genès-Champanelle, n° 195.....	918.	
	Le Mas, hameau, n° 206.....	912.	Vraccers.
	Pasredon, village, près Saint-Genès, n° 196.....	911.	
	Saint-Amans-Roche-Savine, village, route d'Ambert, n° 184.....	908.	
	Foret, village, près le lac d'Aidat, n° 205.....	908.	
	Nadailhat, village, près Saint-Genès-Champanelle, n° 220.....	900.	
	Le Chambon, village, Mont-Dores, n° 6.....	894.	
	Manson, village. (Mémoires, pag. 126, n° 19.)...	892.	
	Roulhat-Haut, village, n° 202.....	889.	
	Chateau de Mont-Redon, n° 222.....	887.	
	Saint-Genès-Champanelle, n° 215.....	884.	
Bedat de Bagnères, mont. 881.	Lac du Chambon, n° 7.....	881.	
	Olloix; village, à l'Église, n° 237.....	876.	
	Lac de la Cassière, n° 139.....	873.	
Pont de Sia, chemin de Gavarnie, *Pyrénées*..... 863.	Puy de Solignat, près d'Issoire, n° 227.....	865.	
	Puy de Barnère ou de Saint-Sandoux, n° 224..	860.	
	Berzé, village, près Saint-Genès-Champanelle, n° 198.....	858.	
	Saint-Sauve, bourg, Monts-Dores, n° 100.....	857.	Bâches océaniques
	Aidat, village, n° 149.....	854.	
	Fontfredde, village, près St.-Genès-Champ., n° 141.	853.	
	Bains de la Bourboule, n° 99.....	852.	
	Charade, hameau. (Mémoires, pag. 126, n° 18.)..	852.	
	Thedde, village, près Saint-Genès-Champanelle, n° 193.....	851.	
	Puy Girou. (Mémoires, pag. 130, n° 33.).....	851	

HAUTEURS COMPARÉES. mèt.		mètres.	LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
	Lac d'Aidat, n° 139	850.	
	Orcines, village. (Mémoires, pag. 126, n° 17.)	847.	
	Murol, village, n° 153	833.	
	Chéz-Vasson, hameau, n° 161	832.	
	Gravenère, montagne, n° 180	830.	
Pontarlier, ville 828.	Herment, ville, n° 210	827.	
Puech d'Aujeu, montagne, *Gard* 817.	Theix, village et château, n° 141	821.	
	Egaules, hameau, près Channat, n° 179	812.	
	La Font de l'Arere, village. (Mémoires, pag. 129, n° 30.)	805.	
	Channat, village, n° 179	805.	
	Cournol, village de la commune d'Olloix, n° 207	801.	
	Champeaux, hameau, n° 192	799.	Calcaire marneux sous les chapeaux de Basalte.
	La Barraque; route de Bordeaux, n° 161	791.	
	Puy Saint-Romain; rive droite de l'Allier. (Mémoires, pag. 131, n° 39.)	791.	Chapeaux de Basalte au-delà de l'Allier.
	Fontana, village; maisons supérieures. (Mémoires, pag. 126, n° 21.)	788.	
Bains de S. Sauveur, *Pyr.* 780.	Redon; au domaine Vazeilles, n° 199	786.	
	Le Chaix, hameau. (Mémoires, pag. 126, n° 22.)	773.	
	Le Cressinier, village, à la maison Dulac. (Mémoires, pag. 127, n° 23.)	765.	
	Le Ponteix, village, au-dessus du lac d'Aidat, n° 139	764.	
	Gergovia. (Mémoires, pag. 130, n° 34.)	761.	
Luz, village, *Pyrénées* 760.	Varennes, hameau, au-dessus de Theix, n° 200	742.	
	La Bannière, montagne, près Volvic, n° 177	738.	
	Ribeyrolle, hameau, n° 208	734.	
Montredon, *dép. du Gard* 730.	Sarsenat, village. (Mémoires, pag. 127, n° 24.)	722.	Chataigniers
	Villar, village, n° 161	715.	
	Chateau de Montrognon. (Mémoires, pag. 130, n° 35.)	713.	
Brig, ville, *en Valais* 709.	Prudelles, n° 214	705.	
Côte S. Pierre, *Gard* 698.			
	Opme, village. (Mémoires, pag. 124, n° 14.)	674.	
	L'Etang, village, au-dessous de Channat, n° 191	663.	
	Saulzet, village, à l'Église, n° 201	661.	
	Les Martinanges, château, route d'Ambert, n° 186.	655.	
	Chateau de Mozun, n° 230	654.	
	Solignat, village, près d'Issoire, n° 227	651.	
	Serre de Fontfredde, extrémité orientale. (Mémoires, pag. 129, n° 32.)	646.	
	Côtes de Clermont. (Mémoires, pag. 130, n° 36.)	637.	
	Chadrat, village, près Saint-Saturnin, n° 211	635.	

HAUTEURS COMPARÉES.	mèt.		mètres.	LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
Le Puy en Velai, ville. (Mém., p. 140, n° 55.)..	632.	Château de Saint-Sandoux, n° 225.....	629.	
		Plateau de Pardine, près Issoire. (Mémoires, pag. 138, n° 53.).....	629.	
		Puy de Corent. (Mémoires, pag. 131, n° 40.)...	628.	
		Chenat, village, au pied de Barnère, n° 209....	626.	
		Le Crest, au château. (Mémoires, pag. 129, n° 32.).	623.	
		Saint-Sandoux, bourg, n° 225.....	616	
		Puy de Mur ou de Dallet, n° 229.....	612.	
		Château de Tournoelle, près Volvic, n° 190...	611.	
Madrid.....	608.	Puy Chateix. (Mémoires, pag. 125, n° 16.).....	608.	
		Mozun, village, n° 187.....	606.	
		Puy de Montaudou. (Mémoires, pag. 131, n° 42.).	599.	Vignobles.
Lac de Thün, *Suisse*.....	580.	Boisséghoux, village, n° 181.....	584.	Cerisiers a fruit acide.
		Ceyrat, village. (Mémoires, pag. 125, n° 15.)..	574.	Pêchers.
		Mont-Chagny. (Mémoires, pag. 124, n° 13.)....	572.	
Bagnères Bigorre, *Pyrénées*.	571.	Champturgues de Clermont. (Mémoires, pag. 130,		
Inspruck.....	566.	n° 37.).....	565.	
		Le Marran, château, au-dessus de Saint-Amans,		
		n° 226.....	561.	
Venda, *monts Eugan*.....	555.	Ambert, ville, n° 183.....	546	
Pierrefitte, village, *Pyr*...	544.	Durtol, village, n° 161.....	542.	
Am-Steg, village au passage du S. Gothard, *Alpes*...	539.			
Munich.....	538.	Puy d'Auzelle. (Mémoires, pag. 131, n° 38.)...	538.	
Berne.....	536.	Saint-Saturnin, bourg, au Château, n° 139....	536.	
		Féligonde, domaine, n° 173.....	518.	
		Royat, village, à l'Église, n° 181.....	518.	
		Volvic, ville, à l'Église, n° 177.....	514.	
		Malauzat, village, cour du Château, n° 173....	512.	
Lausanne.....	507.	Channonat, village, à l'Église, n° 141.....	510.	
		Grotte de Royat, n° 181.....	498.	
		Mont-Juzet, près Clermont. (Mémoires, pag. 124,		
Martigny, ville, *Suisse*...	481.	n° 12.).....	494.	
Augsbourg, ville.....	475.			
Argellès, ville, *Pyrénées*..	470.	Romagnat, village, à la porte de l'Église, n° 212..	467.	Grès bitumineux.
		Saint-Amans-Tallende, ville, n° 139.....	465.	
		Beaumont, village voisin de Clermont, n° 181...	456.	
Lac de Lucerne, *Suisse*...	455.	Sayat, village, n° 173.....	455.	
Salzbourg, ville.....	452.	Nohannent, village, n° 161.....	441.	
Neufchâtel, *Suisse*.....	438.	Puy de Crouel. (Mémoires, pag. 123, n° 8.)....	436.	Abricotiers. Amandiers.
Lac de Neufchâtel, *Suisse*..	427.	Fontmore, domaine, près Clermont, n° 161....	429.	
Bienne, ville, *Suisse*.....	422.			
Plombières.....	421.	Mont-Joli, près Clermont, n° 181.....	421.	
		Clermont, au haut de la ville. (Mémoires, pag. 123,		
		n° 9.).....	418.	

HAUTEURS COMPARÉES.	mèt		mètres.	LIMITE SUPÉR. des terrains, de la végétation, etc.
Château de Rousson, *Gard.*	416.	Sources de Saint-Vincent, n° 173.....	417.	
Lourdes, ville, *Pyrénées*..	411.	Clermont, cour de la préfecture. (Mémoires, pag. 123, n° 9.).....	405.	
		Thiers, ville, à l'auberge de Duffaut, n° 189....	402.	
		Clermont. Place de Jaude. (Mémoires, pag. 123, n° 9.).....	392.	
Genève.....	372.	L'Oradou, sur la terrasse, n° 181.....	372.	
Aran, ville, *Suisse*.....	370.	Clermont; Barrière des Jacobins. (Mémoires,		
Ulm, ville.....	369.	pag. 123, n° 9.).....	367.	
Lac de Genève.....	365.	Mont-Ferrand, place de l'ancien Château. (Mémoires, pag. 124, n° 11.).....	353.	
Ratisbonne.....	362.	Puy de la Pège. (Mémoires, pag. 123, n° 7.)....	352.	
		Mont-Ferrand, au bas de la ville. (Mémoires,		
		pag. 122, n° 6.).....	343.	
		Pont-d'Arbet. (Mémoires, pag. 122, n° 4.).....	341.	
		Pont-du-Chateau, ville, sur le Pont. (Mémoires,		
		pag. 122, n° 1.).....	323.	
Tarbes, ville, *Pyrénées*...	320.	Basses Eaux de l'Allier, au Pont du Château.		
		(*Idem.*).....	313.	
Moscou.....	309			
Domo-d'Ossola, *Alp. ital.*.	306.			
Bâle, *Suisse*.....	289			
Lac de Constance.....	227.			
Lac de Locarne, *Alp. ital.*	207.			
Strasbourg.....	147.			
(Mémoires de la Société.)				
Paris. — Basses eaux de la Seine sous le pont de la Tournelle.....	33.			

DÉMONSTRATION

DU

THÉORÊME GÉNÉRAL DE FERMAT,

SUR LES NOMBRES POLYGONES.

PAR M. A. L. CAUCHY.

Lu à l'Académie, le 13 novembre 1815.

EXPOSITION.

LE théorême dont il s'agit consiste en ce que tout nombre entier peut être formé par l'addition de trois triangulaires, de quatre quarrés, de cinq pentagones, de six hexagones, et ainsi de suite. Les deux premières parties de ce théorême, savoir, que tout nombre entier est la somme de trois triangulaires et de quatre quarrés, sont les seules qui aient été démontrées jusqu'à présent, ainsi qu'on peut le voir dans la *Théorie des Nombres* de M. Legendre, et dans l'ouvrage de M. Gauss, qui a pour titre : *Disquisitiones arithmeticæ*. J'établis, dans cè Mémoire, la démonstration de toutes les autres, et je fais voir, en outre, que la décomposition d'un nombre entier en cinq pentagones, six hexagones, sept hepta-

gones, etc., peut toujours être effectuée de manière que les divers nombres polygones en question, à l'exception de 4, soient égaux à zéro, ou à l'unité. On peut donc énoncer en général le théorême suivant.

Tout nombre entier est égal à la somme de quatre pentagones, ou à une semblable somme augmentée d'une unité; à la somme de quatre hexagones, ou à une semblable somme augmentée d'une ou de deux unités; à la somme de quatre heptagones, ou à une semblable somme augmentée d'une, de deux ou de trois unités; et ainsi de suite.

La démonstration de ce théorême est fondée sur la solution du problême suivant.

Décomposer un nombre entier donné en quatre quarrés dont les racines fassent une somme donnée.

Je réduis ce dernier problême à la décomposition d'un nombre entier donné en trois quarrés, en faisant voir que, si un nombre entier est décomposable en quatre quarrés dont les racines fassent une somme donnée, le quadruple de ce même nombre est décomposable en quatre quarrés dont l'un a pour racine la somme dont il s'agit. Il est aisé d'en conclure que le problême proposé ne peut être résolu que dans le cas où le quarré de la somme donnée est inférieur au quadruple de l'entier que l'on considère, et où la différence de ces deux nombres est décomposable en trois quarrés; ce qui a lieu exclusivement, lorsque cette différence, divisée par la plus haute puissance de 4 qui s'y trouve contenue, n'est pas un nombre impair dont la division par 8 donne 7 pour reste. Si aux deux conditions précédentes

on ajoute celle que le nombre entier et la somme donnée soient de même espèce, c'est-à-dire tous deux pairs, ou tous deux impairs, on aura trois conditions qui devront être remplies, pour qu'on puisse résoudre le problême dont il s'agit. Mais on ne doit pas en conclure que la solution soit possible toutes les fois qu'on pourra satisfaire à ces mêmes conditions. Pour qu'on soit assuré d'obtenir une solution, il faut en outre, et il suffit, que la somme donnée soit supérieure, ou égale, ou inférieure au plus d'une unité à une certaine limite dont le quarré augmenté de 2 équivaut au triple du nombre donné.

En appliquant ces principes aux nombres impairs, ou impairement pairs, on reconnaît facilement que tout nombre entier impair, ou divisible une fois seulement par 2, peut être décomposé en quatre quarrés, dont les racines fassent une somme donnée, toutes les fois que cette somme est un nombre de même espèce compris entre deux limites dont les quarrés sont respectivement le triple et le quadruple du nombre donné.

On démontre avec la même facilité, que tout nombre entier, quel qu'il soit, peut être décomposé en quatre quarrés, de manière que la somme des racines soit comprise entre les deux limites qu'on vient d'énoncer. On doit seulement excepter, parmi les nombres impairs, les suivans

1, 5, 9, 11, 17, 19, 29, 41;

et parmi les nombres pairs tous ceux qui, divisés par une puissance impaire de 2, donnent pour quotient un des nombres premiers

1, 3, 7, 11, 17.

A l'aide de ces propositions et de quelques autres semblables, on parvient sans peine, non-seulement à prouver que tout nombre entier est décomposable en cinq pentagones, six hexagones, etc....; mais encore à effectuer cette décomposition de telle sorte, que les nombres composans soient tous, à l'exception de quatre, égaux à zéro ou à l'unité.

ANALYSE.

Si l'on désigne par m et t deux nombres entiers quelconques, le terme général des nombres polygones de l'ordre $m+2$ sera, comme l'on sait,

$$(1). \quad m\left(\frac{t^2-t}{2}\right)+t.$$

Si dans cette formule on fait successivement $m=1$, $m=2$, $m=3$, etc...., on obtiendra les termes généraux des nombres triangulaires, quarrés, pentagones, hexagones, etc., qui seront respectivement

$$\frac{t^2+t}{2}, \quad t^2, \quad \frac{t(3t-1)}{2}, \quad 2t^2-t, \quad \text{etc.}$$

De plus on doit remarquer que les deux plus petites valeurs de la formule (1) correspondantes à $t=0$, $t=1$, sont, pour toutes les valeurs possibles de m, 0 et 1; en sorte que zéro et l'unité font partie de chaque suite de nombres polygones. Cela posé, je vais démontrer relativement à ces mêmes nombres le théorème général de Fermat. Comme

la chose est déja faite pour les nombres triangulaires et les quarrés, il suffira de prouver le théorême à l'égard des autres nombres polygones. On y parvient à l'aide de quelques propositions subsidiaires que je vais commencer par établir.

THÉORÈME PREMIER.

Soit a un nombre entier quelconque, et 4^α la plus haute puissance de 4 qui puisse diviser a : pour que l'on puisse résoudre en nombres entiers x, y, z, l'équation

$$(1) \quad a = x^2 + y^2 + z^2,$$

il sera nécessaire, et il suffira que le quotient $\frac{a}{4^\alpha}$ ne soit pas de la forme $8n + 7$.

Démonstration. On sait en effet que l'équation (1) peut être résolue, toutes les fois que a est de l'une des formes $4n + 1, 4n + 2, 8n + 3$; et qu'elle ne peut l'être, lorsque a est de la forme $8n + 7$. De plus, si a est divisible par 4, x, y, z seront nécessairement pairs; et si l'on fait en conséquence $x = 2x'$, $y = 2y'$, $z = 2z'$, l'équation (1) deviendra

$$\frac{a}{4} = x'^2 + y'^2 + z'^2.$$

Si a est divisible deux fois par 4; x', y', z', dans l'équaquion précédente, seront nécessairement pairs; et par suite x, y, z seront divisibles deux fois par 2. En général, si a est divisible par 4^α, x, y, z devront être divisibles par 2^α;

et si l'on fait en conséquence

$$x=2^{\alpha}x_{,},\ y=2^{\alpha}y_{,},\ z=2^{\alpha}z_{,},$$

l'équation (1) deviendra

$$(2)\quad \frac{a}{4^{\alpha}}=x_{,}^{2}+y_{,}^{2}+z_{,}^{2},$$

Si donc $\frac{a}{4^{\alpha}}$ n'est plus divisible par 4, on pourra toujours résoudre l'équation (2), et par suite l'équation (1); à moins toutefois que $\frac{a}{4^{\alpha}}$ ne soit de la forme $8n+7$; auquel cas les deux équations dont il s'agit deviendraient insolubles.

Corollaire I^er^. On déduit facilement du théorême précédent une condition à laquelle doivent satisfaire deux nombres donnés k et s, pour que l'on puisse décomposer le premier de ces deux nombres, k, en quatre quarrés dont les racines fassent une somme égale à s. En effet, supposons que l'on parvienne à résoudre simultanément en nombres entiers les deux équations

$$(3)\quad \begin{cases} k=t^{2}+u^{2}+v^{2}+w^{2}, \\ s=t+u+v+w. \end{cases}$$

On aura évidemment

$$4k=(t+u+v+w)^{2}+(t+u-v-w)^{2}+(t-u+v-w)^{2}+(t-u-v+w)^{2};$$

et par suite

$$(4)\quad 4k-s^{2}=(t+u-v+w)^{2}+(t-u+v-w)^{2}+(t-u-v+w)^{2}.$$

On pourra donc alors décomposer $4k-s^{2}$ en trois

quarrés, et en conséquence $4k - s^2$ ne pourra être de la forme

$$4^{\alpha}(8n+7).$$

De plus, les deux nombres k et s devant toujours être de même espèce, c'est-à-dire tous deux pairs, ou tous deux impairs ; si k est un nombre pair, $4k - s^2$ sera divisible par 4, et l'équation (4) ne pourra subsister, à moins que les trois nombres $t+u-v-w$, $t-u+v-w$, $t-u-v+w$ ne soient divisibles par 2. Dans la même hypothèse, cette équation deviendra

$$k - \left(\frac{1}{2}s\right)^2 = \left(\frac{t+u-v-w}{2}\right)^2 + \left(\frac{t-u+v-w}{2}\right)^2 + \left(\frac{t-u-v+w}{2}\right)^2 ;$$

et par suite

$$k - \left(\frac{1}{2}s\right)^2,$$

étant décomposable en trois quarrés, ne pourra être de la forme

$$4^{\alpha}(8n+7).$$

En résumant ce qu'on vient de dire on obtiendra les propositions suivantes :

Si k est un nombre entier décomposable en quatre quarrés dont les racines fassent une somme égale à s, 4k pourra être décomposé en quatre quarrés dont l'un soit s^2.

Si k est un nombre pair décomposable en quatre quarrés dont les racines fassent une somme égale à s, il sera également décomposable en quatre quarrés dont l'un soit $\left(\frac{1}{2}s\right)^2$.

Dans tous les cas possibles, la valeur de $4k - s^2$ *sera positive, et ne pourra être de la forme* $4^\alpha(8n+7)$.

Ainsi, pour que le nombre k puisse être décomposé en quatre quarrés dont les racines fassent une somme égale à s, il est nécessaire que s soit un nombre de même espèce que k, inférieur à $\sqrt{4k}$, et ne soit pas de la forme

$$4^\alpha(8n+7).$$

Lorsque s satisfait aux trois conditions précédentes, on ne doit pas toujours en conclure que la décomposition soit possible. Elle le sera en effet, si la valeur de s satisfait encore à une quatrième condition, celle de surpasser $\sqrt{(3k)}$ ou même $\sqrt{(3k-2)}-1$; comme on le verra ci-après (théorèmes III^e et IV^e).

THÉORÈME II.

Si les trois nombres x, y, z, satifont à l'équation

$$(1) \quad a = x^2 + y^2 + z^2,$$

la somme de ces trois nombres sera nécessairement comprise entre les limites

$$\sqrt{a}, \quad \sqrt{3a}.$$

Démonstration. En effet, on a évidemment

$$(x+y+z)^2 = x^2+y^2+z^2+2xy+2xz+2yz > x^2+y^2+z^2 = a,$$
$$(x+y+z)^2 < (x+y+z)^2+(x-y)^2+(x-z)^2+(y-z)^2 = 3a;$$

d'où l'on conclut en extrayant les racines quarrées

$$x+y+z > \sqrt{a}$$
$$x+y+z < \sqrt{3a}.$$

Corollaire I^er^. Il est bon d'observer que dans le théorême précédent les signes < et > n'excluent pas l'égalité. En effet, $x+y+z$ devient égal à $\sqrt{a}$, lorsqu'on suppose $y=0$, $z=0$; et à $\sqrt{3a}$, lorsque $x=y=z$. En général, si la somme de n quarrés différents est égale à a, la somme des racines sera comprise entre $\sqrt{a}$ et $\sqrt{na}$. Cette dernière somme atteindra la limite inférieure $\sqrt{a}$, si toutes les racines sont nulles, à l'exception d'une seule; et la limite supérieure $\sqrt{na}$, si toutes les racines sont égales entre elles. C'est ce qu'il est facile de démontrer, soit par la méthode qu'on vient d'employer, soit par la théorie des *maxima* des fonctions de plusieurs variables.

THÉORÊME III.

Soit k un nombre pair pris à volonté, et s un autre nombre pair compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-1)}, \quad \sqrt{4k}.$$

On pourra toujours résoudre simultanément en nombres entiers les deux équations

$$(1) \quad \begin{cases} k = t^2 + u^2 + v^2 + w^2, \\ s = t + u + v + w; \end{cases}$$

à moins que

$$k - \left(\frac{1}{2}s\right)^2$$

ne soit de la forme

$$4^\alpha(8n+7).$$

Démonstration. En effet, si $k-\left(\frac{1}{2}s\right)^2$ n'est pas de la forme

$4^{\alpha}(8n+7)$, on pourra toujours, (voyez le théorème I^{er}), résoudre en nombres entiers l'équation

$$(2)\quad k-\left(\tfrac{1}{2}s\right)^2=x^2+y^2+z^2,$$

pourvu que l'on ait $k<\left(\frac{1}{2}s\right)^2$, ou, $s<\sqrt{4k}$. Si de plus s est supérieur à

$$\sqrt{(3k-2)}-1,$$

on aura réciproquement

$$3k<s^2+2s+3.$$

D'ailleurs, en vertu du théorême précédent, on tire de l'équation (2)

$$x+y+z<\sqrt{\left(3k-\tfrac{3}{4}s^2\right)}.$$

Donc *a fortiori*

$$(3)\quad x+y+z<\sqrt{\left(s^2+2s+3-\tfrac{3}{4}s^2\right)}<\tfrac{1}{2}s+2.$$

De plus, k étant un nombre pair, il suit évidemment de l'équation (2) que les huit nombres entiers compris dans la formule

$$\tfrac{1}{2}s\pm x\pm y\pm z,$$

à raison des doubles signes, sont également pairs; ou ce qui revient au même que les huit nombres compris dans la formule

$$\frac{\frac{1}{2}s\pm x\pm y\pm z}{2}$$

sont des nombres entiers. Mais, en vertu de la condition (3), le plus petit de ces nombres, savoir :

$$\frac{\frac{1}{2}s-x-y-z,}{2}$$

doit être supérieur à -1, c'est-à-dire nul ou positif. Les huit nombres entiers dont il s'agit seront donc tous nuls ou positifs. Cela posé, il est facile de voir qu'on satisfera en même temps aux deux équations (1), en attribuant à t, u, v, w les valeurs positives que fournissent l'un et l'autre des deux systèmes d'équations

$$(4)\quad \begin{cases} t=\dfrac{\frac{1}{2}s-x-y-z}{2}, & u=\dfrac{\frac{1}{2}s-x+y+z}{2}, & v=\dfrac{\frac{1}{2}s+x-y+z}{2}, & w=\dfrac{\frac{1}{2}s+x+y-z}{2}, \\ t=\dfrac{\frac{1}{2}s+x+y+z}{2}, & u=\dfrac{\frac{1}{2}s+x-y-z}{2}, & v=\dfrac{\frac{1}{2}s-x+y-z}{2}, & w=\dfrac{\frac{1}{2}s-x-y+z}{2}, \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même, l'un et l'autre des systèmes suivants :

$$(5)\quad \begin{cases} t=\dfrac{\frac{1}{2}s-x-y-z}{2}, & u=t+y+z, & v=t+x+z, & w=t+x+y, \\ t=\dfrac{\frac{1}{2}s+y+y+z}{2}, & u=t-y-z, & v=t-x-z, & w=t-x-y. \end{cases}$$

Corollaire I^er^. Lorsque

$$k-\left(\frac{1}{2}s\right)^2$$

est de la forme $4^\alpha(8n+7)$, l'équation (2) ne peut être résolue en nombres entiers. Mais alors il devient impossible de résoudre simultanément les équations (1), ainsi qu'on l'a prouvé ci-dessus (théorême I^er^, corollaire I^er^).

Corollaire II. Lorsque k est un nombre impairement pair, c'est-à-dire de la forme

$$4n+2,$$

la quantité $k-\left(\frac{1}{2}s\right)^2$ est nécessairement de l'une des formes

$$4n+1,\ 4n+2;$$

savoir : de la forme $4n+1$, si $\frac{1}{2}s$ est un nombre impair, et de la forme $4n+2$, dans le cas contraire. On peut donc toujours alors résoudre les équations (1), pourvu que s soit un nombre pair compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1,\ \sqrt{4k}.$$

Exemple. Soit $k=30$; on trouvera

$$\sqrt{(3k-2)}-1=\sqrt{88}-1<9,\ \sqrt{4k}=\sqrt{120}>10;$$

et par suite on pourra supposer $s=10$. Pour déterminer les valeurs correspondantes de t, u, v, w, j'observe que

$$k-\left(\frac{1}{2}s\right)^2=30-25=5=2^2+1^2+0.$$

On aura donc dans le cas présent,

$$x=2,\ y=1,\ z=0.$$

Cela posé, les quatre premières équations (5) donneront

$$t=1,\ u=2,\ v=3,\ w=4.$$

On peut aisément vérifier ces valeurs. On trouve en effet

$$1^2+2^2+3^2+4^2=30,$$
$$1+2+3+4=10.$$

On doit observer que dans le cas présent, les quatre dernières équations (5) fourniront pour les variables t, u, v, w, les mêmes valeurs prises dans un ordre inverse, savoir,

$$t=4,\ u=3,\ v=2,\ w=1.$$

Cette circonstance a évidemment lieu toutes les fois que $z=0$, ainsi qu'on peut s'en convaincre par la seule inspection des équations (4).

THÉORÊME IV.

Soit k un nombre impair pris à volonté, et s un autre nombre impair compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1,\ \sqrt{4k}.$$

On pourra toujours résoudre simultanément en nombres entiers les deux équations

$$(1)\quad \begin{cases} k=t^2+u^2+v^2+w^2 \\ s=t+u+v+w. \end{cases}$$

Démonstration. En effet, $4k-s^2$ étant dans la supposition qu'on vient de faire de la forme

$$8n+3,$$

on pourra toujours résoudre en nombres entiers impairs x, y, z, l'équation

$$(2)\quad 4k-s^2=x^2+y^2+z^2,$$

pourvu que l'on ait $s<\sqrt{4k}$. Si de plus s est supérieur à

$$\sqrt{(3k-2)}-1,$$

on aura réciproquement

$$3k < s^2 + 2s + 3;$$

et l'on conclura du second théorême appliqué à l'équation (2)

$$x+y+z < \sqrt{(12k-3s^2)} < \sqrt{(s^2+8s+12)} < s+4;$$

ou, ce qui revient au même

$$(3) \quad \frac{s-x-y-z}{4} > -1.$$

Donc, *a fortiori*, chacun des huit nombres compris dans la formule

$$\frac{s \pm x \pm y \pm z}{4}$$

sera supérieur à -1 ; et par conséquent nul ou positif, s'il est entier. Cela posé, si $s-x-y-z$ est divisible par 4, on satisfera également aux deux équations (1), en supposant

$$t = \frac{s-x-y-z}{4},\ u = \frac{s-x+y+z}{4},\ v = \frac{s+x-y+z}{4},\ w = \frac{s+x+y-z}{4};$$

ou, ce qui revient au même,

$$(4)\ t = \frac{s-x-y-z}{4},\ u = t + \frac{y+z}{2},\ v = t + \frac{x+z}{2},\ w = t + \frac{x+y}{2}.$$

De même, si $s+x+y+z$ est divisible par 4, on satisfera aux équations (1), en supposant

$$t = \frac{s+x+y+z}{4},\ u = \frac{s+x-y-z}{4},\ v = \frac{s-x+y-z}{4},\ w = \frac{s-x-y+z}{4};$$

ou, ce qui revient au même,

$$(5)\ t=\frac{s+x+y+z}{4},\ u=t-\frac{y+z}{2},\ v=t-\frac{x+z}{2},\ w=t-\frac{x+y}{2}.$$

D'ailleurs, s, x, y, z, étant quatre nombres impairs,

$$s-x-y-z,\ s+x+y+z,$$

sont deux nombres pairs; et comme leur somme $2s$ est impairement paire, il est nécessaire que l'un de ces deux nombres soit divisible par 4, et l'autre seulement par 2. On pourra donc toujours satisfaire aux équations (1), en attribuant aux variables t, u, v, w, un des systèmes de valeurs (4) ou (5). Mais on voit que ces deux systèmes s'excluent réciproquement.

Exemple. Si l'on suppose $k=31$, on trouvera

$$\sqrt{(3k-2)}-1=\sqrt{(91)}-1<9,\ \sqrt{4k}=\sqrt{124}>11.$$

On pourra donc faire $s=9$, ou, $s=11$.

Si l'on suppose d'abord $s=9$, on trouvera

$$4k-s^2=43=5^2+3^2+3^2,$$
$$x=5, y=3, z=3;$$

et par suite les équations (5) donneront

$$t=5,\ u=2,\ v=1,\ w=1.$$

On a en effet

$$5^2+2^2+1^2+1^2=31,$$
$$5+2+1+1=9.$$

Si l'on suppose en second lieu $s=11$, on trouvera

$$4k-s^2=3=1^2+1^2+1^2,$$
$$x=1, y=1, z=1;$$

et par suite les équations (4) donneront

$$t=2, u=3, v=3, w=3.$$

On a en effet

$$2^2+3^2+3^2+3^2=31,$$
$$2+3+3+3=11.$$

THÉORÈME V.

k étant un nombre entier quelconque, il existe toujours entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \quad \sqrt{4k}.$$

au moins un nombre entier de même espèce que k, c'est-à-dire, pair si k est un nombre pair, et impair si k est un nombre impair.

Démonstration. En effet, la différence entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \quad \sqrt{4k},$$

savoir,

$$1+\sqrt{4k}-\sqrt{(3k-2)},$$

qui est égale à 2, 1° lorsqu'on fait $k=1$, 2° lorsqu'on fait $k=9$, n'a qu'un seul maximum, $1+\sqrt{\frac{2}{3}}$, correspondant à $k=\frac{8}{3}$. Cette différence est donc supérieure à 2, lorsqu'on suppose

$$k>9;$$

et croît même alors indéfiniment avec la quantité k. Par suite, toutes les fois que k surpasse 9, il doit y avoir au moins deux nombres entiers compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \quad \sqrt{4k};$$

et l'un de ces deux nombres entiers est nécessairement de même espèce que le nombre k.

D'ailleurs, si l'on donne successsivement à k toutes les valeurs entières possibles depuis 1 jusqu'à 9, on trouvera toujours des nombres entiers de même espèce que k compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \quad \sqrt{4k}.$$

Ces nombres entiers seront respectivement

Pour $k=1$ 1
2 2
3 3
4 4
5 3
6 4
7 5
8 4
9 ..... 5.

Il est donc prouvé qu'à une valeur quelconque de k correspondra toujours un nombre entier de même espèce compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \quad \sqrt{4k}.$$

Corollaire I^er^. Si l'on suppose $k=121$, on aura

$$\sqrt{(3k-2)}-1=18, \sqrt{(4k)}=22=18+4.$$

Par suite, si l'on fait $k>121$, la différence entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \sqrt{4k}$$

surpassera 4. Il existera donc alors au moins quatre nombres entiers consécutifs, compris entre les limites dont il s'agit; et parmi ces quatre nombres, il y en aura nécessairement deux de même espèce que le nombre k.

THÉORÈME VI.

k étant un nombre entier quelconque, il existe toujours entre les limites

$$\sqrt{(3k)}, \sqrt{(4k)}$$

au moins un nombre entier de même espèce que k; à moins toutefois que k ne soit un des nombres impairs

$$1, 5, 9, 11, 17, 19, 29, 41,$$

ou bien un des nombres pairs

$$2, 6, 8, 14, 22, 24, 34.$$

Démonstration. En effet si l'on suppose $k>56$, on aura

$$\sqrt{(4k)}-\sqrt{(3k)}>2;$$

et par suite il y aura toujours entre les limites $\sqrt{(3k)}$, $\sqrt{(4k)}$, deux nombres entiers dont l'un sera de même espèce que k. De plus si l'on donne successivement à k toutes les valeurs entières possibles depuis 1 jusqu'à 56, on ne trouvera

d'exception au théorême que pour les nombres ci-dessus énoncés.

*Corollaire I^er^*. On peut remarquer que parmi les nombres pairs qui font exception à la règle générale, les seuls qui ne soient pas divisibles par 4 sont les suivans:

$$2, 6, 14, 22, 34.$$

Les deux autres, savoir, 8 et 24, étant divisés par 4, donnent pour quotient

$$2 \text{ et } 6.$$

PROBLÊME PREMIER.

Déterminer les valeurs de k, pour lesquelles il est impossible de résoudre simultanément en nombres entiers les deux équations

$$(1) \quad \begin{cases} k = t^2 + u^2 + v^2 + w^2, \\ s = t + u + v + w; \end{cases}$$

de manière que la valeur de s soit comprise entre les limites $\sqrt{(3k)}, \sqrt{4k}$.

Solution. Supposons d'abord que k soit un nombre impair, ou impairement pair. Alors, en vertu des théorêmes 3, 4 et 6, on pourra toujours résoudre les équations (1), de manière que s satisfasse à la condition exigée; à moins que k ne soit un des nombres impairs

$$(2) \quad 1, 5, 9, 11, 17, 19, 29, 41,$$

ou bien un des nombres pairs

$$(3) \quad 2, 6, 14, 22, 34.$$

Supposons en second lieu que k soit divisible par 4, et faisons

$$(4) \quad k = 4^{\alpha} k',$$

α étant égal ou inférieur à l'exposant de la plus haute puissance de 4 qui puisse diviser k : on pourra évidemment résoudre les équations (1) avec la condition exigée, si l'on parvient à résoudre en nombres entiers les suivantes :

$$(5) \quad \begin{cases} k' = t'^2 + u'^2 + v'^2 + w'^2, \\ s' = t' + u' + v' + w', \end{cases}$$

de manière que s' soit compris entre les limites $\sqrt{3k'}, \sqrt{4k'}$. Car il suffira dans ce cas de faire

$$t = 2^{\alpha} t', \; u = 2^{\alpha} u', \; v = 2^{\alpha} v', \; w = 2^{\alpha} w',$$
$$s = 2^{\alpha} s'.$$

De plus, si l'on prend 4^{α} égal à la plus haute puissance de 4 qui puisse diviser k, k' sera nécessairement un nombre impair, ou impairement pair ; et par suite les équations (5) seront résolubles avec la condition exigée, à moins que k' ne soit un des nombres compris dans les séries (2) et (3). Enfin, si k' est un des nombres

$$1, 5, 9, 11, 17, 19, 29, 41,$$

il suffira de diminuer, dans l'équation (4) α d'une unité, pour que k' acquierre une des valeurs suivantes :

$$4, 20, 36, 44, 68, 76, 116, 164;$$

et, comme pour ces diverses valeurs de k' on peut résoudre

les équations (5) avec la condition exigée (*voyez* ci-après, scholie 1^er^), il en résulte que, parmi les valeurs de k divisibles par 4, les seules qui fassent exception à la règle générale sont celles qui sont de la forme $4^{\alpha}k'$, k' étant un des nombres

$$2, 6, 14, 22, 34.$$

En résumant ce qui précède, on voit qu'on pourra toujours résoudre les équations (1) de manière que s soit compris entre $\sqrt{(3k)}$ et $\sqrt{(4k)}$; à moins que k ne soit un des nombres impairs compris dans la série (2), ou bien un nombre pair de l'une des formes suivantes :

$$(7)\quad 2^{2\alpha+1}.1,\quad 2^{2\alpha+1}.3,\quad 2^{2\alpha+1}.7,\quad 2^{2\alpha+1}.11,\quad 2^{2\alpha+1}.17.$$

Scholie I^er^. Nous avons dit ci-dessus qu'en prenant pour k un des nombres

$$4, 20, 36, 44, 68, 76, 116, 164,$$

on pouvait toujours résoudre simultanément les deux équations

$$(8)\quad \begin{cases} k = t^2 + u^2 + v^2 + w^2, \\ s = t + u + v + w, \end{cases}$$

de manière que s fût compris entre les limites $\sqrt{(3k)}$, $\sqrt{4k}$. C'est ce qu'on peut aisément vérifier de la manière suivante.

Si l'on cherche successivement, pour chacune des valeurs de k dont il est ici question, les nombres pairs compris entre les limites $\sqrt{3k}$, $\sqrt{4k}$, on trouvera

pour $k=$ 4 ...le nombre 4
20 8
36 12
44 12
68 16
76 16
116 20
164 ..... 24.

Cela posé, il est facile de voir que, si l'on prend pour s le nombre situé dans la table précédente vis-à-vis de chaque valeur de k, la quantité

$$k-\left(\tfrac{1}{2}s\right)^2$$

ne sera jamais de la forme

$$4^\alpha(8n+7).$$

Par suite (*voyez* le théorème 3) en adoptant cette valeur de s, qui remplit la condition exigée, on pourra résoudre simultanément les équations (8).

Scholie II. Si l'on prend pour k un quelconque des nombres compris dans la série (7), la valeur de s ne pourra jamais être renfermée entre les limites $\sqrt{(3k)}$, $\sqrt{(4k)}$. Mais il sera facile de déterminer dans cette hypothèse les diverses valeurs que s peut obtenir. En effet, si la valeur de k est donnée par l'équation

$$(9)\quad k=2^{2\alpha+1}k_1;$$

celle de s sera nécessairement de la forme

$$(10)\quad s=2^\alpha s_1,$$

s_i étant un nombre tel qu'on puisse résoudre simultanément les deux équations

$$(11)\quad \begin{cases} 2k_i = t_i^2 + u_i^2 + v_i^2 + w_i^2, \\ s_i = t_i + u_i + v_i + w_i. \end{cases}$$

Pour le prouver, observons qu'on ne peut résoudre en nombres entiers l'équation

$$(12)\quad 2^{2\alpha+1}k_i = t^2 + u^2 + v^2 + w^2,$$

dans le cas où α surpasse zéro, à moins de supposer que t, u, v, w sont des nombres pairs; d'où il est aisé de conclure que, si l'on fait successivement $\alpha = 1$, $\alpha = 2$, $\alpha = 3$, etc., on ne pourra résoudre la même équation en nombres entiers, à moins de supposer que chacun des nombres t, u, v, w, est divisible une fois, deux fois, trois fois, etc., par 2. Ainsi, α ayant une valeur déterminée supérieure à l'unité, il faudra, pour résoudre l'équation (12) en nombres entiers, supposer

$$t = 2^\alpha t_i,\ u = 2^\alpha u_i,\ v = 2^\alpha v_i,\ w = 2^\alpha w_i;$$

d'où l'on conclura

$$s = t + u + v + w = 2^\alpha (t_i + u_i + v_i + w_i) = 2^\alpha s_i,$$

les quantités k_i, s_i, t_i, u_i, v_i, w_i, étant respectivement assujéties aux équations (11).

Si l'on prend successivement pour $2k_i$ les nombres pairs

$$2, 6, 14, 22, 34;$$

les valeurs correspondantes de s_i seront respectivement

pour $2k =$ $2 = 1 + 1$ ..... $s = 2$
$6 = 4 + 1 + 1$ 4
$14 = 9 + 4 + 1$ 6
$22 = 9 + 9 + 4 = 16 + 4 + 1 + 1$... 8
$34 = 25 + 9 = 16 + 9 + 9$ ..... 8 ou 10.

Ainsi les seules valeurs de s qui puissent correspondre aux valeurs de k prises dans la série

$$2^{2\alpha+1}.1,\ 2^{2\alpha+1}.3,\ 2^{2\alpha+1}.7,\ 2^{2\alpha+1}.11,\ 2^{2\alpha+1}.17,$$

seront respectivement

$$2^{\alpha+1}.1,\ 2^{\alpha+1}.2,\ 2^{\alpha+1}.3,\ 2^{\alpha+1}.4,\ 2^{\alpha+1}.4 \text{ ou } 2^{\alpha+1}.5.$$

PROBLÈME II.

Déterminer les valeurs de k pour lesquelles il est impossible de résoudre simultanément en nombres entiers les deux équations

$$(1)\quad \begin{cases} k = t^2 + u^2 + v^2 + w^2, \\ s = t + u + v + w, \end{cases}$$

de manière que la valeur de s soit comprise entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)} - 1,\ \sqrt{4k}.$$

Solution. Il suit immédiatement des théorèmes 4 et 5, qu'on peut résoudre simultanément les équations (1), de manière à remplir la condition exigée, toutes les fois que k est un nombre impair. Nous avons fait voir en outre (problème précédent) qu'en prenant pour k un nombre pair, on

peut toujours résoudre les équations (1), de manière que s étant inférieur à $\sqrt{4k}$ soit supérieur à $\sqrt{3k}$, et à plus forte raison à $\sqrt{(3k-2)}-1$; à moins que la valeur de k ne se trouve comprise dans une des séries

$$(2)\quad \begin{cases} 2, & 8, & 32, & 128, \text{etc.} \\ 6, & 24, & 96, & 384, \text{etc.} \\ 14, & 56, & 224, & 896, \text{etc.} \\ 22, & 88, & 352, & 1408, \text{etc.} \\ 34, & 136, & 544, & 2176, \text{etc.}, \end{cases}$$

dont les termes généraux sont respectivement

$$2^{2\alpha+1}.1,\ 2^{2\alpha+1}.3,\ 2^{2\alpha+1}.7,\ 2^{2\alpha+1}.11,\ 2^{2\alpha+1}.17.$$

Enfin, d'après ce qu'on a dit plus loin (scholie 2), les plus grandes valeurs de s qui puissent correspondre à ces diverses valeurs de k, sont respectivement

$$2^{\alpha+1}.1,\ 2^{\alpha+1}.2,\ 2^{\alpha+1}.3,\ 2^{\alpha+1}.4,\ 2^{\alpha+1}.5:$$

d'où il est aisé de conclure que, dans les séries que l'on considère, les seuls termes, pour lesquels la valeur de s reste comprise entre les limites $\sqrt{(3k-2)}-1$, $\sqrt{4k}$, sont

pour la 1re série... les nombres 2 et 8
pour la 2e..... 6, 24 et 96
pour la 3e..... 14 et 56
pour la 4e..... 22, 88, 352 et 1408
pour la 5e..... 34, 136, 544 et 2176.

Si l'on retranche ces mêmes termes des séries (2), les

termes restans seront les seules valeurs de k, pour lesquelles on ne puisse résoudre les équations (1) avec la condition exigée. Parmi les valeurs dont il s'agit, les plus petites seront

$$32, 123, 224, 384, 512, 896, 1024, \text{etc.}$$

Corollaire I^er^. Si l'on donne successivement à k toutes les valeurs entières possibles depuis $k=1$, jusqu'à $k=121$ inclusivement, on n'en trouvera qu'une seule, pour laquelle il soit impossible de résoudre les équations (1) avec la condition exigée. Cette valeur unique est

$$k=32=2^{2\times 2+1}.$$

La seule valeur que s puisse recevoir dans cette hypothèse, est, d'après ce qu'on a dit plus haut, la suivante :

$$2^{2+1}=8,$$

qui est effectivement située hors des limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1=\sqrt{94}-1,\ \sqrt{4k}=\sqrt{128}.$$

Corollaire II^e^. Si l'on donne à k une valeur impaire, telle qu'un seul nombre impair s se trouve compris entre les limites

$$\sqrt{(3.\sqrt{k+1}-2)}-1,\ \sqrt{(4.\sqrt{k+1})},$$

on aura nécessairement, (théorème V^e^, corollaire I^er^),

$$1+k<121.$$

Dans la même hypothèse, les seuls nombres pairs qui puissent être compris entre les limites

$$\sqrt{(3.\sqrt{k+1}-2)}-1,\ \sqrt{(4.\sqrt{k+1})}$$

sont les suivants

$$s-1,\quad s+1.$$

D'ailleurs, $k+1$ étant un nombre pair inférieur à 121, il suit du corollaire I^er^, qu'à moins de supposer $k+1=32$, on trouvera entre les limites $\sqrt{(3.\overline{k+1}-2)}-1$, $\sqrt{(4.\overline{k+1})}$ un nombre pair s' pour lequel on pourra résoudre simultanément les deux équations

$$k+1=t'^2+u'^2+v'^2+w'^2,$$
$$s'=t'+u'+v'+w'.$$

s' aura donc nécessairement une des deux valeurs $s-1$, $s+1$. Enfin, si l'on fait $k+1=32$, on trouvera deux nombres impairs, savoir : 9 et 11, compris entre les limites $\sqrt{(3.32-2)}-1$, $\sqrt{4.32}$. On pourra donc énoncer sans restriction le théorème suivant

THÉORÈME VII.

Si l'on donne à k une valeur impaire, telle qu'un seul nombre impair s se trouve compris entre les deux limites

$$\sqrt{(3.\overline{k+1}-2)}-1,\quad \sqrt{(4.\overline{k+1})},$$

on pourra toujours résoudre en nombres entiers, ou les deux équations

$$(1)\quad \begin{cases} k+1=t^2+u^2+v^2+w^2, \\ s+1=t+u+v+w, \end{cases}$$

ou bien les deux suivantes

$$(2)\quad \begin{cases} k+1=t^2+u^2+v^2+w^2, \\ s-1=t+u+v+w. \end{cases}$$

THÉORÈME VIII.

Soient k et s deux nombres impairs dont le second soit compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1,\quad \sqrt{4k}.$$

Soient de plus, m un nombre entier quelconque supérieur à 2, r un autre nombre entier égal ou inférieur à $m-2$; et faisons

$$(1)\qquad A_k=m\left(\frac{k-s}{2}\right)+s+r.$$

Si en laissant k et m constans, on donne successivement à s et à r toutes les valeurs possibles, et que l'on désigne par B_k et C_k la plus petite et la plus grande des valeurs de A_k ainsi obtenues : tout nombre entier compris entre les limites B_k, C_k, sera décomposable en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$.

Démonstration. Pour établir cette proposition, il suffit de faire voir, 1° que tout nombre entier compris entre les limites

$$B_k,\ C_k,$$

est une des valeurs de la formule (1); 2° que tout nombre compris dans cette formule peut être considéré comme formé par l'addition de $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$.

Pour démontrer la première partie de cette proposition, j'observe que, si l'on désigne par s_1 la plus petite et par s_2 la plus grande des valeurs de s qui correspondent à la valeur

donnée de k, les diverses valeurs de s, respectivement égales aux divers nombres impairs compris entre les limites

$$\sqrt{(4k-2)}-1,\quad 4k,$$

formeront la progression arithmétique

$$s_1,\ s_1+2,\ s_1+4,\ \text{etc.....}\ s_2-4,\ s_2-2,\ s_2;$$

et, comme on peut faire successivement

$$r=0,\ r=1,\ r=2,\ \text{etc.....}\ r=m-3,\ r=m-2,$$

les diverses valeurs de a_k, en commençant par la plus petite et finissant par la plus grande, seront respectivement

$$(2)\quad \begin{cases} m\left(\frac{k-s_2}{2}\right)+s_2 = B_k, B_k+1, B_k+2, \text{etc.}\ B_k+m-2 \\ m\left(\frac{k-s_2+2}{2}\right)+s_2-2 = B_k+m-2, B_k+1+m-2, B_k+2+m-2, \text{etc.}\ B_k+2(m-2) \\ m\left(\frac{k-s_2+4}{2}\right)+s_2-4 = B_k+2(m-2), B_k+1+2(m-2), B_k+2+2(m-2), \text{etc.}\ B_k+3(m-2) \\ \text{etc.} \\ m\left(\frac{k-s_1-2}{2}\right)+s_1+2 = C_k-2(m-2), C_k+1-2(m-2), C_k+2-2(m-2), \text{etc.}\ C_k-(m-2) \\ m\left(\frac{k-s_1}{2}\right)+s_1 = C_k-(m-2), C_k+1-(m-2), C_k+2-(m-2), \text{etc.}\ C_k \end{cases}$$

Ces diverses valeurs fourniront donc tous les termes de la progression arithmétique

$$B_k,\ B_k+1,\ B_k+2,\ \text{etc....}\ C_k-1,\ C_k;$$

c'est-à-dire tous les nombres entiers compris entre B_k et C_k. On peut même observer que quelques-uns de ces nombres

correspondront à-la-fois à deux valeurs différentes de la quantité s.

Il reste maintenant à faire voir que tout nombre entier compris dans la formule

$$m\left(\frac{k-s}{2}\right)+s+r$$

peut être considéré comme formé par l'addition de $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$. Or, comme zéro et l'unité font partie de la suite des nombres polygones d'un ordre quelconque, et que l'on suppose

$$r<m-2,$$

le nombre r peut toujours être considéré comme représentant la somme de $m-2$ polygones de l'ordre $m+2$. Il suffira donc de prouver que tout nombre entier compris dans la formule

$$(3)\quad m\left(\frac{k-s}{2}\right)+s$$

est la somme de quatre nombres polygones du même ordre : et en effet, s étant par hypothèse impair ainsi que k, et compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1,\ \sqrt{4k},$$

on pourra, d'après le théorême IV^{e}, résoudre simultanément en nombres entiers les deux équations

$$(4)\quad \begin{cases} k=t^2+u^2+v^2+w^2 \\ s=t+u+v+w; \end{cases}$$

d'où l'on conclura

$$(5)\quad m\left(\frac{k-s}{2}\right)+s=\begin{cases} m\left(\frac{t^2-t}{2}\right)+t \\ +m\left(\frac{u^2-u}{2}\right)+u \\ +m\left(\frac{v^2-v}{2}\right)+v \\ +m\left(\frac{w^2-w}{2}\right)+w. \end{cases}$$

La formule (3) est donc la somme de quatre nombres polygones de l'ordre $m+2$; ce qui complète la démonstration du théorème VIII^e.

Corollaire I^{er}. k et m étant supposés constans, la plus petite et la plus grande des valeurs que A_k puisse recevoir sont, conformément au tableau n° (2),

$$(6)\quad \begin{cases} B_k=m\left(\frac{k-s_2}{2}\right)+s_2, \\ C_k=m\left(\frac{k-s_2}{2}\right)+s_1+m-2. \end{cases}$$

Dans ces formules s_1 et s_2 désignent respectivement le plus petit et le plus grand des nombres impairs compris entre les limites

$$(7)\quad \sqrt{(3k-2)}-1,\ \sqrt{4k}.$$

Si maintenant on change k en $k+2$, et que l'on désigne par s_1' s_2' le plus petit et le plus grand des nombres impairs compris entre les limites

$$(8)\quad \sqrt{(3.\overline{k+2}-2)}-1,\ \sqrt{4.\overline{k+2}};$$

es formules (6) deviendront respectivement

$$(9)\quad \begin{cases} B_{k+2} = m\left(\dfrac{k+2-s_2'}{2}\right) + s_2' \\ C_{k+2} = m\left(\dfrac{k+2-s_1'}{2}\right) + s_1' + m - 2. \end{cases}$$

D'ailleurs il est facile de s'assurer que la différence des deux limites

$$\sqrt{(3\sqrt{k+2}-2)}-1,\ \sqrt{(3k-2)}-1$$

est toujours inférieure à deux unités. Il n'y aura donc pas de nombre impair compris entre ces deux limites; ou bien il n'y en aura qu'un; et par suite on aura toujours

$$(10)\quad s_1' = s_1, \text{ ou bien } s_1' = s_1 + 2.$$

De même la différence des deux limites

$$\sqrt{4.\sqrt{k+2}},\ \sqrt{4k}$$

étant toujours inférieure à deux unités, on aura nécessairement

$$(11)\quad s_2' = s_2, \text{ ou } s_2' = s_2 + 2.$$

Cela posé, la première des équations (9) se réduira évidemment à l'une des deux suivantes

$$(12)\quad B_{k+2} = B_k + m,\quad B_{k+2} = B_k + 2;$$

et la seconde des équations (9) à l'une de celles qui suivent

$$(13)\quad C_{k+2} = C_k + m,\quad C_{k+2} = C_k + 2.$$

On aura donc, dans tous les cas possibles (m étant >2),

$$(14)\quad \begin{cases} B_{k+2} = \text{ou} > B_k + 2 \\ C_{k+2} = \text{ou} > C_k + 2 ; \end{cases}$$

et par suite $C_{k+2} > C_k$. On trouverait de même $C_{k+4} > C_{k+2}$, $C_{k+6} > C_{k+4}$, etc. Si donc l'on met successivement à la place de k les différens termes de la progression arithmétique

$$k, k+2, k+4, k+6, \text{etc.},$$

les valeurs correspondantes de C_k que nous représenterons par

$$C_k, C_{k+2}, C_{k+4}, C_{k+6}, \text{etc.},$$

seront toujours croissantes; et, comme ces mêmes valeurs sont entières, elles finiront par devenir plus grandes que toute quantité donnée.

Corollaire II. Chacun des nombres C_k, C_{k+2}, C_{k+4}, etc., est décomposable en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$.

THÉORÈME IX.

Soit k un nombre impair quelconque; s_1 le plus petit des nombres impairs supérieurs à la limite $\sqrt{(3k-2)} - 1$; et faisons

$$(1)\quad C_k = m\left(\frac{k-s_1}{2}\right) + s_1 + m - 2$$

m étant entier et >2. Soit de plus C_{k+2} ce que devient C_k,

lorsqu'on remplace k par $k+2$. Chacun des nombres entiers compris entre les limites

$$C_k , C_{k+2}$$

sera toujours décomposable en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$.

Démonstration. On doit distinguer deux cas différens, suivant que le nombre des entiers impairs compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1, \quad \sqrt{(4.\overline{k+2})}$$

est supérieur ou simplement égal à l'unité.

Supposons d'abord qu'il existe deux ou plusieurs nombres impairs compris entre ces mêmes limites. Alors, en adoptant les mêmes notations que dans les théorêmes précédens, on trouvera

$$s'_2 - s_1 = 2 \text{ ou } > 2.$$

Cela posé, la 1re des équations (9) (théorême précedent) donnera évidemment

$$B_{k+2} = \text{ou} < m\left(\frac{k-s_1}{2}\right) + s_1 + 2,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(2) \quad B_{k+2} = \text{ou} < C_k - m + 4 = \text{ou} < C_k + 1,$$

(m devant être > 2). D'ailleurs nous avons fait voir [théorême précédent] que tout nombre entier compris entre les limites

$$B_k , C_k$$

est décomposable en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$. La même proposition étant applicable aux nombres entiers compris entre les limites

$$B_{k+2},\ C_{k+2},$$

le sera encore *a fortiori*, en vertu de la condition (2), aux nombres entiers compris entre les limites

$$C_{k+1},\ C_{k+2}:$$

et comme C_k peut être aussi décomposé de la même manière, il en résulte que le théorême 9 est déja démontré pour le cas ou plusieurs nombres impairs se trouvent compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)}-1,\ \sqrt{(4.\overline{k+2})}.$$

Supposons en second lieu qu'un seul nombre impair se trouve compris entre les limites dont il est ici question. Il n'y en aura qu'un seul à plus forte raison entre les deux suivantes

$$\sqrt{(3.\overline{k+1}-2)}-1,\ \sqrt{(4.\overline{k+1})};$$

et, par suite du théorême 7, on pourra toujours résoudre simultanément en nombres entiers ou les équations

$$(3)\quad \begin{cases} k+1=t^2+u^2+v^2+w^2, \\ s_i+1=t+u+v+w, \end{cases}$$

ou bien les deux suivantes

$$(4)\quad \begin{cases} k+1=t^2+u^2+v^2+w^2 \\ s_i-1=t+u+v+w. \end{cases}$$

Dans la même hypothèse on aura nécessairement

$$s'_2 = s_1 ;$$

et par suite

$$(5) \quad B_{k+2} = m\left(\frac{k-s_1}{2}\right) + s_1 + m = C_k + 2.$$

D'ailleurs, comme le nombre C_k et tous les entiers compris entre les limites

$$B_{k+2}, \; C_{k+2}$$

sont décomposables en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$; il résulte déja de l'équation (5) que parmi tous les termes de la suite

$$C_k, \; C_k + 1, \; C_k + 2, \text{ etc.}, \; C_{k+2} - 1, \; C_{k+2},$$

$C_k + 1$ est le seul pour lequel on pourrait révoquer en doute la possibilité d'une semblable décomposition. Mais ce nombre étant égal à

$$m\left(\frac{k-s_1}{2}\right) + s_1 + m - 1$$

peut être en vertu des équations (3) ou (4) présenté sous l'une ou l'autre des deux formes suivantes

$$m\left(\frac{t^2+u^2+v^2+w^2-t-u-v-w}{2}\right)+t+u+v+w+m-2$$

$$m\left(\frac{t^2+u^2+v^2+w^2-t-u-v-w}{2}\right)+t+u+v+w ;$$

et, comme sous l'une ou l'autre de ces deux formes il est

évidemment la somme de $m+2$ nombres polygones, dont $m-2$ sont égaux à zéro ou à l'unité, on voit que tous les nombres compris entre

$$C_k \text{ et } C_{k+2}$$

satisfont encore, dans la seconde hypothèse, à la condition énoncée.

Corollaire I^er^. Il suit de tout ce qui précède, que non-seulement les nombres entiers compris entre C_k et C_{k+2} sont décomposables en $m+2$, nombres polygones de l'ordre $m+2$; mais encore que la décomposition peut toujours être effectuée de manière que $m-2$ nombres polygones soient respectivement égaux à zéro ou à l'unité.

Corollaire II. La même proposition est évidemment applicable aux nombres entiers compris entre les limites C_{k+2}, C_{k+4}, à ceux qui sont compris entre les limites C_{k+4}, C_{k+6}, etc., et, par suite, à tous ceux qui sont renfermés entre les limites

$$C_k \text{ et } C_{k+2l},$$

k et l étant deux nombres entiers pris à volonté.

THÉORÈME X.

Tout nombre entier est décomposable en cinq pentagones, six hexagones, sept héptagones, etc., et en général en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$, (m étant > 2).

Démonstration. En effet, adoptons pour un moment les notations ci-dessus employées [théorèmes 8 et 9]. Il est démontré par le théorème 8 que tout nombre entier compris entre les limites B_k, C_k peut subir la décomposition dont il s'agit, et par le théorème 9 (corollaire 2), que la même propriété appartient à tous les nombres entiers compris entre les limites C_k et C_{k+2l}; k et l étant pris à volonté. D'ailleurs, si l'on suppose $k=1$, $l=\infty$, on trouvera

$$B_k = 1, \quad C_{k+2l} = \infty.$$

Ainsi, en vertu des théorèmes 8 et 9, la décomposition énoncée sera possible pour tous les nombres entiers compris entre les limites 1 et ∞ ; c. q. f. d.

Corollaire I^er^. Les démonstrations que nous avons données des théorèmes 8, 9 et 10 prouvent évidemment que la décomposition d'un nombre entier en $m+2$ nombres polygones peut toujours être effectuée de manière que $m+2$ de ces nombres soient égaux à zéro ou à l'unité. Par suite tout nombre entier est égal à la somme de quatre pentagones, ou à une semblable somme augmentée d'une unité; à la somme de quatre hexagones, ou à une semblable somme augmentée d'une ou de deux unités; à la somme de quatre heptagones, ou à une semblable somme augmentée d'une, de deux ou de trois unités, et ainsi de suite.

Corollaire II. Si l'on veut, à l'aide des méthodes ci-dessus exposées, décomposer un nombre entier N en $m+2$ nombres polygones de l'ordre $m+2$, il faudra commencer par

chercher une valeur de k telle que le nombre donné N soit compris entre les limites

$$C_k \ , \ C_{k+2}.$$

Pour obtenir une valeur approchée de k, on fera

$$N = C_k \ ;$$

et comme on a généralement $C_k = m\left(\frac{k-s_i}{2}\right) + s_i + m - 2$,

s_i étant le seul nombre impair compris entre les limites

$$\sqrt{(3k-2)} - 1 \ , \ \sqrt{(3k-2)} + 1 \ ,$$

on pourra remplacer, sans avoir à craindre une erreur considérable,

$$s_i \text{ par } \sqrt{(3k-2)}$$

$$\text{et } C_k \text{ par } m\left[\frac{k-\sqrt{3k-2}}{2}\right] + \sqrt{(3k-2)} + m - 2 \ ;$$

par conséquent la valeur approchée de k se trouvera déterminée par l'équation

$$(1) \quad N = \frac{m}{2}k + m - 2 - \frac{(m-2)}{2}\sqrt{(3k-2)},$$

ou, ce qui revient au même, par la suivante

$$(2) \quad \left[\frac{m}{2}k - (N - m + 2)\right]^2 = \frac{(m-2)^2}{4}(3k-2).$$

Cette dernière équation étant du second degré, on en tirera

deux valeurs de k, dont la plus grande sera celle qui doit vérifier l'équation (1). La valeur approchée de k étant ainsi connue, on en déduira sans peine, après quelques essais, la valeur véritable avec les valeurs correspondantes des quantités que nous avons désignées par

$$C_k, \quad C_{k+2}, \quad B_{k+2}.$$

Cela posé, il suit des théorèmes 8 et 9 que la valeur de N se trouvera nécessairement comprise parmi les nombres

$$(3) \quad B_{k+2}, \quad B_{k+2}+1, \text{ etc.}, \quad C_{k+2}-1, \quad C_{k+2};$$

excepté un seul cas, dans lequel elle sera égale à

$$(4) \quad C_k + 1.$$

De plus, si la valeur de N est comprise parmi les nombres de la série (3), on pourra faire

$$(5) \quad N = m\left(\frac{k+2-s'}{2}\right) + s' + r,$$

s' étant un nombre impair compris entre les limites $\sqrt{(3.\overline{k+2}-2)}-1$, $\sqrt{(4.\overline{k+2})}$; et r étant $=$ ou $< m-2$. Dans la même hypothèse, on pourra résoudre simultanément en nombres entiers les équations

$$(6) \quad \begin{cases} k+2 = t^2+u^2+v^2+w^2 \\ s' \quad = t+u+v+w. \end{cases}$$

En joignant celles-ci à l'équation (4), on verra que le nombre N

est égal à la somme des quatre nombres polygones

$$m\left(\frac{t^2-t}{2}\right)+t,\ m\left(\frac{u^2-u}{2}\right)u+,\ m\left(\frac{v^2-v}{2}\right)v+,\ m\left(\frac{w^2-w}{2}\right)+w,$$

augmentée de r unités.

On peut déterminer facilement les valeurs de s' et de r par le moyen de l'équation (5) mise sous la forme suivante

$$(7)\quad \mathrm{N}-\mathrm{B}_{k+2}=(m-2)\left(\frac{s'_2-s'}{2}\right)+r.$$

En effet, dans cette dernière équation $\frac{s'_2-s'}{2}$ est évidemment le quotient de la division de $\mathrm{N}-\mathrm{B}_{k+2}$ par $m-2$; et r le reste de cette division. On doit seulement observer que, r pouvant être égal à $m-2$, il est permis, lorsque la division donne zéro pour reste, de remplacer ce reste par $m-2$, pourvu que l'on diminue en même temps le quotient d'une unité. Il devient même indispensable d'en agir ainsi, lorsque N est égal à C_{k+2}.

Dans le cas d'exception, on a

$$(8)\quad \mathrm{N}=\mathrm{C}_k+1=m\left(\frac{k-s_1}{2}\right)+s_1+m-1;$$

s_1 étant le seul nombre impair qui soit compris entre les limites $\sqrt{(3k-2)}-1$, $\sqrt{(4k)}$. Dans le même cas on peut résoudre en nombres entiers l'un des systèmes d'équations (3) ou (4) [théorème 9]. En joignant un de ces systèmes à l'équation (8), on en conclut immédiatement la décompo-

sition du nombre N en $m+2$ nombres polygones, dont $m-2$ sont égaux à l'unité ou à zéro.

Exemple. Supposons qu'il s'agisse de décomposer 114 en six hexagones. On aura $m=4$, $N=114$; et par suite l'équation (2) deviendra

$$(9)\quad 4(k-57)^2=3k-2.$$

La plus grande racine de cette même équation est en nombres ronds

$$k=63.$$

Pour connaître le degré d'exactitude de cette valeur de k, j'observe qu'on a pour $m=4$

$$(10)\quad \begin{cases} C_k = 2(k+1)-s' \\ C_{k+2} = 2(k+3)-s_1'; \end{cases}$$

et comme, dans le cas où l'on suppose $k=63$, on trouve $s_1'=s_1=13$, les valeurs de C_k, C_{k+2} se réduisent dans cette hypothèse à

$$C_k = 128-13=115,\quad C_{k+2}=132-13=119.$$

Le nombre donné 114 n'étant pas compris entre les limites 115 et 119, la valeur présumée de k est nécessairement trop forte, et doit être diminuée au moins de deux unités.

D'ailleurs, lorsqu'on suppose

$$k=61$$

on trouve

$$s_1'=s_1=13,\quad C_k=111,\quad C_{k+2}=115;$$

et comme 114 est compris entre les deux derniers nombres, la valeur 61 de k est exacte. Cela posé, on trouvera que s_2', ou le plus grand nombre impair compris dans $\sqrt{(4.\overline{k+2})}$ est égal à 15; d'où l'on conclura

$$B_{k+2}=2(k+2)-15=111,\quad N-B_{k+2}=3.$$

L'équation (7) se réduira donc à

$$(10)\quad 3=2\left(\frac{s_2'-s'}{2}\right)+r;$$

et l'on aura par suite

$$\frac{s_2'-s'}{2}=1 \text{ ou } s'=s_2'-2=13, \text{ et } r=1.$$

Cela posé, les équations (5) et (6) deviendront respectivement

$$(12)\quad \begin{cases} N=114=2\times 63-13+1, \\ 63=t^2+u^2+v^2+w^2, \\ 13=t+u+v+w. \end{cases}$$

Pour résoudre les deux dernières, je fais

$$4\times 63-(13)^2=83=x^2+y^2+z^2;$$

et je trouve

$$x=9,\quad y=1,\quad z=1;$$

d'où je conclus, à l'aide des formules

$$t=\frac{13+x+y+z}{4},\quad u=t-\frac{y+z}{2},\quad v=t-\frac{x+z}{2},\quad w=t-\frac{x+y}{2},$$

les valeurs suivantes de t, u, v, w,

$$t=6,\ u=5,\ v=1,\ w=1.$$

En adoptant ces mêmes valeurs, on trouve pour celle de N,

$$\begin{aligned}N=114&=(2t^2-t)+(2u^2-u)+(2v^2-v)+(2w^2-w)+1+0\\&=66+45+1+1+1+0.\end{aligned}$$

Nous avons donc effectivement décomposé 114 en six hexagones, dont trois sont égaux à l'unité, et un à zéro.

OBSERVATIONS

Sur la nature des forces qui partagent les rayons lumineux dans les cristaux doués de la double réfraction;

PAR M. BIOT.

Lu à l'Institut, le 26 décembre 1814.

DANS un Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à la Classe vers le commencement de cette année (1), j'ai montré que les forces polarisantes exercées par les cristaux doués de la double réfraction n'étaient pas, dans tous, de même nature, mais devaient être distinguées en deux espèces opposées, comme le sont les deux électricités vitrée et résineuse, ou les deux magnétismes boréal et austral. J'ai appelé, par analogie, ces deux genres de forces la *polarisation quartzeuse* et la *polarisation bérillée,* du nom des deux substances qui m'en ont fait connaître d'abord l'opposition.

La nécessité de cette distinction était établie sur la diversité de direction qu'il fallait donner aux cristaux de ces deux classes pour produire, par leur combinaison, des phénomènes de coloration pareils. Concevons, par exemple, deux plaques d'un même cristal dont les épaisseurs soient *e, é,* et qui soient toutes deux taillées parallèlement à leur axe de cris-

(1) Voyez les Mémoires de l'Institut pour 1812, II^e^ partie, page 19.

tallisation. Posons-les l'une sur l'autre, et transmettons perpendiculairement, à travers leur système, un rayon lumineux polarisé dans un seul sens; puis analysons la lumière transmise en la divisant par un prisme de spath d'Islande. Il en résultera deux images qui seront blanches ou colorées, selon le rapport d'épaisseur des plaques et le sens dans lequel on aura dirigé leurs axes de cristallisation. Si ces axes, et par conséquent les sections principales des deux plaques, sont parallèles, les teintes des deux images seront les mêmes que donnerait une seule plaque égale à la somme des épaisseurs $é + e$; mais si les axes sont croisés à angles droits, les teintes seront les mêmes que celles d'une seule plaque égale à la différence $é - e$. Maintenant, ce qui a lieu avec deux plaques d'un même cristal, s'observe également quand on superpose deux plaques qui exercent la même espèce de polarisation, soit bérillée, soit quartzeuse, pourvu qu'on ait égard, dans le calcul, à l'inégale intensité de leurs actions. Mais quand on combine un cristal doué de la polarisation quartzeuse avec un cristal doué de la polarisation bérillée, les phénomènes sont exactement inverses. Si vous rendez les axes des deux plaques parallèles, l'effet est égal à celui que produirait leur différence d'épaisseur, ou plus exactement leur différence d'action : si vous les croisez à angles droits, il est égal à celui que produirait leur somme.

Les nouveaux phénomènes que je vais faire connaître aujourd'hui sont encore des résultats de cette inversion; mais ils ont cela de remarquable, qu'ils portent sur la manière même dont les rayons se réfractent en pénétrant tel ou tel cristal, et sur l'espèce de réfraction, plus forte ou plus faible, qu'ils y subissent.

Pour les observer de la manière la plus simple, j'ai fait tailler, avec divers cristaux, des prismes dont le tranchant était parallèle à l'axe de la double réfraction. Lorsqu'un rayon lumineux tombe sur la première surface d'un pareil prisme, dans un plan d'incidence perpendiculaire à ses arêtes, l'expérience et la théorie s'accordent également à faire voir que le faisceau ordinaire et le faisceau extraordinaire se réfractent l'un et l'autre, conformément à la loi de Descartes, c'est-à-dire que le rapport du sinus de réfraction au sinus d'incidence est constant pour chaque rayon; mais la valeur de ce rapport n'est pas la même pour tous les deux. Si la double réfraction est produite par une force répulsive, comme cela a lieu dans le spath d'Islande, ainsi que le montrent les expériences de Huyghens, la réfraction extraordinaire sur chaque face du prisme est moindre que la réfraction ordinaire; ce qui est la conséquence naturelle de la répulsion, qui, s'exerçant seulement sur les particules du rayon extraordinaire, diminue alors l'attraction du cristal pour elles. De là il résulte que, si l'on regarde un objet éloigné à travers un pareil prisme, l'image extraordinaire, qui est la moins réfractée, paraîtra aussi la moins déviée, et par conséquent la plus voisine de la base du prisme. Mais si, dans certains cristaux, la réfraction extraordinaire au lieu d'être produite par une force répulsive l'était par une force attractive, ce que la théorie mécanique établie par M. Laplace montre être mathématiquement possible, les phénomènes seraient inverses. Dans un prisme taillé comme nous le supposions tout-à-l'heure, l'image extraordinaire éprouverait la plus forte réfraction, et serait par conséquent plus déviée que l'image ordinaire. Alors il resterait à con-

naître dans quel sens chaque image est polarisée ; afin de savoir si ce sens est encore le même que dans l'autre classe de cristaux, ou s'il serait pareillement interverti. Pour cela il suffirait d'observer les deux images d'un objet lumineux, d'une bougie, par exemple, à travers un pareil prisme, et de transmettre chacune d'elles à travers une plaque de tourmaline taillée parallèlement à l'axe de cristallisation. Car j'ai fait voir dernièrement qu'une pareille plaque, lorsque son épaisseur excède quelques dixièmes de millimètres, polarise perpendiculairement à son axe toute la lumière naturelle qui la traverse : d'où il suit que si on l'expose à un rayon déja polarisé en un seul sens, elle le transmet ou le rejette, suivant qu'il est polarisé perpendiculairement à son axe ou parallèlement. En soumettant donc, à cette épreuve, chacune des deux images données par le prisme cristallisé, on connaîtra le sens de polarisation de chacune d'elles.

Par cette expérience, on trouve que, dans les cristaux à polarisation bérillée, et le spath d'Islande est de ce nombre, l'image la plus déviée est polarisée parallèlement à l'axe du cristal, et l'image la moins déviée est polarisée perpendiculairement à cet axe. C'est exactement le contraire dans les cristaux qui exercent la polarisation quartzeuse.

D'après cela on peut prévoir comment, et dans quel sens, un pareil prisme réfractera un rayon qui aura été préalablement polarisé dans une seule direction.

En effet, supposons d'abord le sens de la polarisation parallèle aux arêtes du prisme. Toutes les molécules lumineuses se trouveront alors disposées exactement comme elles doivent l'être pour subir la plus forte des deux réfractions dans un cristal doué de la polarisation bérillée, et pour

subir la plus faible dans un cristal doué de la polarisation quartzeuse. Ainsi, dans le premier cas, le rayon se réfractera tout entier de la première manière, et dans le second tout entier de la seconde; car la force polarisante ne pourra jamais tourner aucune des particules de manière à donner une seconde image.

Au contraire, plaçons l'arête du prisme perpendiculairement au plan de polarisation du rayon incident; alors ce rayon se trouvera tout entier préparé de manière à subir la réfraction la plus faible, si le cristal exerce la polarisation bérillée; et à subir la réfraction la plus forte, s'il exerce la polarisation quartzeuse. Il ne se formera donc encore qu'une seule image, comme dans l'expérience précédente; mais elle sera produite par celle des deux réfractions, plus forte ou plus faible, qui alors n'en donnait point.

Ces conséquences sont exactement confirmées par l'observation. Pour les vérifier, il faut d'abord polariser un rayon par réflexion sur une glace, et faire tomber ce rayon sur le prisme cristallisé, que l'on place successivement dans les positions rectangulaires que j'ai indiquées; puis, pour constater indubitablement que l'unique image que l'on aperçoit appartient à la réfraction la plus forte ou la plus faible, il suffit de déranger tant soit peu le prisme de ces positions limites, en le faisant tourner de quelques degrés dans le plan d'une de ses faces, de manière à faire naître la seconde image; selon qu'elle se développe plus près ou plus loin que l'autre de la base du prisme, on juge de l'espèce de réfraction que la première image a subie : il ne reste plus qu'à la regarder à travers la plaque de tourmaline pour dé-

terminer le sens de sa polarisation. En opérant ainsi, on trouve que les résultats sont tels que je les ai annoncés.

De là, enfin, l'on peut conclure ce qui doit arriver quand un même rayon lumineux, non polarisé, traverse successivement deux ou plusieurs cristaux doués d'une polarisation quelconque, mais connue; car, en supposant ces cristaux assez énergiques pour donner aux molécules lumineuses une polarisation fixe et complète, le rayon, en traversant le premier cristal, se divisera d'abord en deux faisceaux, l'un ordinaire, l'autre extraordinaire, polarisés à angles droits. Ces rayons, ainsi préparés, rencontrant le second cristal, y prendront l'espèce de réfraction indiquée pour chacun d'eux par le sens de leur polarisation et par la nature des forces polarisantes du second cristal. Les effets seront absolument les mêmes que si la première polarisation avait été imprimée à chaque faisceau par la réflexion sur un plan de verre.

En supposant, pour ces observations, les prismes taillés parallèlement à l'axe du cristal, je n'ai voulu qu'indiquer le moyen le plus simple pour constater ces phénomènes, et déterminer, dans chaque cas, le mode de la polarisation. Mais j'ai également essayé des prismes taillés dans d'autres sens; et, en déterminant, pour chaque cas, quelle image subissait la réfraction la plus forte ou la plus faible, j'y ai toujours reconnu la même inversion de phénomènes pour les deux sortes de polarisation.

Les cristaux sur lesquels j'ai opéré sont le spath d'Islande, l'arragonite, la tourmaline, et le béril, parmi ceux qui exercent la polarisation bérillée; et le quartz, la baryte sulfatée, la topaze et la chaux sulfatée, parmi ceux qui exercent la

polarisation quartzeuse. Il ne m'a pas été jusqu'à-présent possible de m'en procurer un plus grand nombre dont les formes fussent assez marquées, et le volume assez fort, pour pouvoir être taillés avec exactitude dans des sens déterminés.

Les phénomènes que je viens d'exposer peuvent dépendre de deux causes. Ou les forces qui produisent la réfraction extraordinaire sont répulsives dans une classe de cristaux et attractives dans l'autre ; ou bien elles sont répulsives dans tous, mais elles tournent les axes des molécules lumineuses dans des sens différens. Pour décider cette alternative d'une manière directe et sûre, il faut constater, par un moyen quelconque, quelle image est ordinaire, quelle extraordinaire, et voir si elles sont polarisées de même dans les deux classes de cristaux. En d'autres termes, il faut décider si l'ellipsoïde par lequel Huyghens a représenté les phénomènes de la double réfraction ne sera pas aplati à ses pôles, dans une de ces classes, et allongé dans l'autre; car le principe de la moindre action indique ces deux cas comme également possibles, ainsi qu'on peut le voir par les formules de M. Laplace. C'est une recherche délicate que je me propose de suivre; mais j'ai cru pouvoir dès-à-présent annoncer le fait principal, qui, de quelque manière qu'il se dénoue, réalise, dans l'action des cristaux sur la lumière, l'opposition déja observée dans d'autres forces naturelles, telles que les deux magnétismes et les deux électricités.

OBSERVATIONS

Sur la nature des forces qui produisent la double réfraction ;

PAR M. BIOT.

Lu à l'Institut, le 2 janvier 1815.

DANS le Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire lundi dernier à la Classe, j'ai annoncé une opposition nouvelle entre les actions exercées sur la lumière par les deux classes de cristaux dont j'ai distingué les forces polarisantes sous les noms de quartzeuse et de bérillée. L'opposition consistait en ce que les rayons polarisés de la même manière étaient réfractés différemment, subissant, par exemple, dans une des classes la réfraction la plus forte, dans l'autre la réfraction la plus faible. De là résultait nécessairement cette alternative : ou les forces qui produisent la réfraction extraordinaire sont répulsives dans une des classes de cristaux et attractives dans l'autre ; ou elles sont répulsives dans tous, mais elles tournent les axes des molécules lumineuses suivant des directions inversement rectangulaires. De nouvelles expériences m'ont prouvé que le premier mode était celui que réalise la nature. Les preuves de ce fait sont contenues dans le mémoire que je présente aujourd'hui.

J'ai fait tailler, dans une même aiguille de cristal de

roche, deux prismes, dont l'un avait ses deux faces parallèles à l'axe de double réfraction, au lieu que l'autre avait une de ces faces perpendiculaire à cet axe. L'angle réfringent des deux prismes était exactement le même; et, pour que l'égalité fût plus parfaite, on les avait usés et polis ensemble après les avoir collés sur une même glace par leur première surface. Quand ils ont été achevés, on les a placés l'un sur l'autre par la face non perpendiculaire à l'axe, en les opposant de la base au sommet; et l'on a uni leurs surfaces contiguës par une couche d'huile de térébenthine épaissie au feu, afin d'établir entre eux une continuité qui déterminât la transmission non interrompue de la lumière de l'un à l'autre. Alors les deux surfaces extrêmes se sont trouvées parallèles, et par conséquent la déviation produite par la réfraction ordinaire devait être rigoureusement compensée. C'est en effet ce qui avait lieu; car, en regardant, à travers ce système, un objet rectiligne placé à une grande distance, l'arête d'un toit, par exemple, on voit que l'une des deux images transmises reste toujours dans le prolongement de l'arête sans éprouver aucune déviation. C'est donc là l'image ordinaire, et l'autre, qui est déviée, est l'image extraordinaire. Maintenant pour observer dans quel sens celle-ci est rejetée, placez-vous derrière une fenêtre à-peu-près parallèle à l'arête du toit qui vous sert de mire; et, appliquant sur une des vitres la face antérieure du premier prisme, laquelle est perpendiculaire à l'axe du cristal, tournez cette face dans son plan jusqu'à ce que l'image déviée du toit devienne parallèle à l'image non déviée; alors vous trouverez que cette image extraordinaire est plus fortement réfractée que l'autre, si, comme nous l'avons sup-

posé, les deux prismes sont de cristal de roche ou de quelque autre cristal doué du même genre de polarisation ; et au contraire elle le sera moins si les deux prismes sont faits de spath d'Islande, ou d'autres cristaux à polarisation bérillée. Néanmoins, dans les deux cas, le sens de la polarisation de cette image, déterminé par la plaque de tourmaline, se trouvera le même, c'est-à-dire perpendiculaire à la section principale du second prisme; et l'image ordinaire, au contraire, se trouvera polarisée dans le sens de cette section. Ce résultat prouve que les deux classes de cristaux ne diffèrent point l'une de l'autre quant à la direction qu'ils donnent aux pôles des molécules lumineuses, mais quant à l'espèce de réfraction extraordinaire, attractive ou répulsive, qu'ils leur font éprouver.

J'ai encore vérifié ce résultat d'une autre manière. J'avais un morceau de cristal de roche, en forme de parallélipipède rectangle, de près d'un décimètre de longueur. L'axe de cristallisation se trouvait dans le plan d'une de ses faces latérales, et était incliné d'environ 45° sur la face contiguë. Quand on regardait les images des objets éloignés, par réflexion, sur cette face supposée horizontale, et à travers les bases du parallélipipède, on les voyait fortement doublées; et, à cause de l'obliquité de l'axe sur la face réfléchissante, l'image extraordinaire devait paraître plus haute ou plus basse que l'image ordinaire, selon que l'on tournait vers l'œil l'une ou l'autre base du parallélipipède. Ceci offrait donc encore un caractère pour reconnaître l'image ordinaire, qui seule ne devait pas être déplacée par le retournement, du moins si la face réfléchissante restait toujours dans un même plan et l'œil à la même place. En essayant cette épreuve,

et assurant la direction du rayon visuel, aussi-bien que celle des arêtes du parallélipipède, par un moyen pareil à celui que M. Wollaston a employé dans son goniomètre, j'ai reconnu qu'en effet une des deux images avait la propriété exclusive de n'être point déplacée par le retournement. C'était donc l'image ordinaire. En éprouvant sa polarisation, je l'ai trouvée dirigée suivant la section principale de la face réfléchissante. Au contraire, celle de l'autre image, qui était extraordinaire, se trouvait dirigée perpendiculairement à cette section. L'expérience, plusieurs fois répétée, n'a jamais eu d'autre issue; elle confirme ainsi pleinement le premier résultat obtenu d'abord par les prismes; et, en la réunissant à celles que j'ai dernièrement rapportées, on en doit conclure que la double réfraction est attractive dans les cristaux qui exercent l'espèce de polarisation du quartz, tandis qu'elle est répulsive dans ceux qui exercent l'espèce de polarisation du spath d'Islande.

Il reste maintenant à déterminer la loi de la force qui produit ce phénomène. Elle est bien connue relativement au spath; car MM. Wollaston et Malus ont prouvé que les mouvemens de la lumière, dans ce cristal, étaient exactement représentés par l'ellipsoïde d'Huyghens; et M. Laplace a fait voir que, cette construction étant admise, la réfraction extraordinaire était nécessairement produite par une force répulsive dont l'influence sur le quarré de la vîtesse du rayon extraordinaire, est proportionnelle au quarré du sinus de l'angle formé par l'axe du cristal avec le rayon réfracté. Maintenant je dis que ce résultat s'étend aussi au cristal de roche, et en général aux cristaux qui n'ont qu'un axe de réfraction double, avec la seule précaution de rendre la force attrac-

tive dans ceux qui exercent la polarisation que j'ai appelée quartzeuse, et répulsive dans ceux qui exercent la polarisation que j'ai nommée bérillée. En effet, en mesurant l'action polarisante de tous ces cristaux, dans des sens très-divers, j'ai toujours trouvé qu'elle était nulle quand l'angle du rayon réfracté avec l'axe était nul, qu'elle était à son maximum quand cet angle était droit; et que, d'une limite à l'autre, son influence pour faire varier les teintes des images dans la série des anneaux était proportionnelle au quarré du sinus du même angle. Cela a lieu également pour le spath d'Islande, le cristal de roche, et tous les autres cristaux que j'ai essayés. Et, pour le cristal de roche en particulier, la proportion du quarré du sinus se vérifie d'une manière si exacte, qu'on peut s'en servir pour calculer les angles que l'axe du cristal forme avec les surfaces artificielles des plaques (1). On peut donc regarder cette loi comme commune à tous les cristaux qui n'ont qu'un axe; et alors les formules de M. Laplace y déterminent généralement la marche des rayons lumineux.

Pour énoncer commodément ces résultats, je proposerai d'appeler *cristaux à double réfraction attractive* ceux qui agissent sur la lumière comme le quartz, et *cristaux à*

(1) J'ai trouvé depuis que l'influence des forces polarisantes, sur les teintes produites par une même épaisseur de chaque substance, est proportionnelle au coëfficient qui exprime l'accroissement du quarré de la vîtesse du rayon extraordinaire, et peut servir à le calculer; de sorte que, par ce rapprochement, les forces polarisantes émanées de l'axe de double réfraction, et la double réfraction même, se trouvent liées d'une manière encore plus intime.

(Note ajoutée lors de l'impression du Mémoire, décembre 1816.*)*

double réfraction répulsive ceux qui agissent sur la lumière comme le spath d'Islande. Ces dénominations doivent être substituées à celles de polarisation quartzeuse et de polarisation bérillée, que j'avais employées d'abord, pour représenter les premiers phénomènes d'inversion que j'avais aperçus.

Dans ces deux classes, la force qui produit la double réfraction fait varier le quarré de la vîtesse du rayon extraordinaire, proportionnellement au quarré du sinus de l'angle formé par l'axe du cristal avec le faisceau dévié extraordinairement. La direction de ce faisceau peut être construite par un ellipsoïde de révolution dont les rayons sont inverses des vîtesses de la lumière, et dont l'axe de révolution coïncide avec l'axe du cristal. Dans les cristaux à double réfraction attractive, cet ellipsoïde est allongé à ses pôles; dans les cristaux à double réfraction répulsive, il est aplati aux pôles et renflé à l'équateur. Ce dernier cas est celui du spath d'Islande, le seul que Huyghens ait considéré.

Si un rayon de lumière, polarisé en un seul sens, traverse perpendiculairement un système de plaques cristallisées, taillées parallèlement à l'axe de double réfraction, et disposées de manière que tous leurs axes soient parallèles, l'action des plaques répulsives combattra celle des plaques attractives; et le rayon transmis sera définitivement modifié dans sa polarisation, comme s'il avait traversé une seule plaque dont l'action fût égale à l'excès des unes sur les autres.

Ces lois ne s'appliquent qu'aux cristaux qui ont un seul axe; je n'ai trouvé jusqu'ici que le mica qui en eût deux distincts, l'un dans le plan de ses lames, l'autre perpendiculaire à ce plan; et, ce qui est fort remarquable, ces deux

axes exercent des actions de même nature, l'une et l'autre répulsive, comme on le peut conclure des expériences que j'ai rapportées et calculées dans mon ouvrage sur la lumière (1). Si ces axes, au lieu d'être ainsi disposés, eussent été dirigés l'un et l'autre dans le plan des lames, en restant toujours rectangulaires, et que leur énergie eût été la même, leurs actions, considérées perpendiculairement aux lames, se seraient mutuellement compensées, et le mica n'aurait produit, dans ce sens, ni double réfraction, ni polarisation à la manière des autres corps cristallisés. Ce cas ne serait-il pas celui des cristaux qui cristallisent en cube ou en octaèdre régulier? et la non-existence de la double réfraction n'y serait-elle pas due à l'équilibre de plusieurs forces attractives ou répulsives, émanées d'un certain nombre d'axes disposés de manière que leurs effets se compensent dans toutes les positions du cristal?

---

(1) J'ai trouvé depuis que l'action de l'axe normal est à celle de l'axe situé dans le plan des lames comme 677 à 100. *Voyez* mon Traité de Physique expérimentale et mathématique, tome IV, page 554.

(Note ajoutée pendant l'impression du Mémoire.)

DÉMONSTRATION

D'un Théorême d'où l'on peut déduire toutes les lois de la Réfraction ordinaire et extraordinaire.

PAR M. AMPÈRE.

Lu à l'Institut, le 27 mars 1815.

MONSIEUR le comte de Laplace a ramené tous les phénomènes de la réfraction ordinaire et extraordinaire à un principe unique, celui de la moindre action. Il a fait voir qu'au moyen de ce principe tous les problêmes relatifs à cette partie de la physique, se réduisent à de simples questions d'analyse, dès que l'observation a fait connaître la vîtesse que prend la lumière dans chaque milieu, soit que cette vîtesse ait une valeur constante dans un même milieu, comme il arrive aux rayons qui éprouvent la réfraction ordinaire, soit qu'elle dépende de la direction, ainsi qu'on l'observe dans les rayons soumis à l'action des forces qui produisent la réfraction extraordinaire.

La vîtesse dépend de la direction en vertu d'une loi très-simple, dans les cristaux où l'on a déja déterminé les effets de ces forces, cette vîtesse y est une fonction de l'angle que la direction du rayon réfracté forme avec un axe fixe; mais

la découverte qu'a faite M. Biot de deux axes de polarisation dans le mica, doit faire soupçonner que la loi du mouvement de la lumière dans cette substance, et dans plusieurs de celles où on ne l'a pas encore déterminée, pourrait être plus compliquée, et dépendre de deux angles déterminant la direction du rayon.

J'ai donc cru faire une chose utile en démontrant en général l'identité du principe de la moindre action et d'une construction analogue à celle que Huyghens a donnée pour le cas où le rayon passe d'un espace vide dans un milieu où la loi de la réfraction extraordinaire ne dépend que d'un seul angle. Pour donner à cette théorie toute la généralité dont elle est susceptible, et y comprendre le cas où le rayon sort d'un milieu dans lequel il a éprouvé l'action des forces qui polarisent la lumière, et entre dans un autre milieu qui exerce aussi sur lui une action de ce genre, j'ai dû admettre que dans chacun de ces deux milieux la vîtesse dépendait, suivant une loi quelconque, de deux angles déterminant la direction du rayon. Comme il suffit de connaître les deux angles formés par le rayon avec deux lignes déterminées pour que sa direction soit entièrement connue, il est évident que de quelque manière qu'on ait l'expression de la loi suivant laquelle la vîtesse dépend de la direction, on pourra toujours, par les formules connues de la trigonométrie sphérique, calculer la valeur de cette vîtesse en fonction de deux angles qui déterminent la direction relativement à des lignes prises à volonté, pourvu que la position respective des axes du cristal et de ces lignes soit connue. Au reste il suffit, pour le but que je me propose, d'établir en général la possibilité d'exprimer la vîtesse de cette manière, et il est inutile de cal-

culer la valeur de la fonction qui la représente, parce que les considérations dont j'ai eu à faire usage, et les résultats que j'en ai déduits, ne dépendent nullement de la détermination de cette fonction, soit dans le milieu où entre le rayon, soit dans celui dont il sort.

La simplicité de la démonstration que je vais exposer résulte du choix des deux variables que j'ai considérées comme indépendantes. Je me suis servi des formules de transformation et de la notation pour distinguer les dérivées prises relativement à divers systèmes de variables indépendantes, dont j'ai déja fait usage dans plusieurs Mémoires sur l'intégration des équations aux différentielles partielles. Les résultats que contiennent ces Mémoires montrent l'utilité de cette notation dans les calculs qui conduisent aux intégrales des équations aux différentielles partielles, le nouvel emploi que je vais en faire ne laissera aucun doute sur les avantages qu'on peut en retirer dans plusieurs applications de l'analyse aux questions de mécanique et de physique. Je supposerai les deux milieux séparés par un plan : si la surface réfringente était courbe, il faudrait au lieu de ce plan prendre celui qui serait tangent à cette surface au point où elle est coupée par le rayon que l'on considère; je prendrai ce point pour l'origine des coordonnées, et pour l'axe des z une ligne perpendiculaire au plan qui sépare les deux milieux, en sorte que les axes des x et des y soient deux droites perpendiculaires entre elles prises à volonté dans ce plan. Je supposerai que la vîtesse de la lumière dans chaque milieu est donnée en fonctions des deux angles que forment avec l'axe des z, les projections du rayon sur les plans des xz, et des yz, les tangentes de ces angles sont en général

égales $\frac{x}{z}$ et $\frac{y}{z}$, en sorte que si on les désigne par s et t on aura $x=sz$, $y=tz$, et des fonctions de s et de t pour exprimer dans chaque milieu la vîtesse de la lumière. Je représenterai en conséquence cette vîtesse par $\varphi(s,t)$ dans le milieu où entre le rayon, et par $\psi(s,t)$ dans celui dont il sort. Ce sont ces quantités s et t que je prendrai pour variables indépendantes. Je passe maintenant à l'énoncé et à la démonstration du théorême qui est l'objet de ce Mémoire. Si dans le milieu où entre le rayon, et par le point où il rencontre la surface réfringente, on conçoit une infinité de lignes dont les unes représentent des rayons réfractés, et les autres les prolongemens des rayons incidens correspondans; qu'on prenne sur ces lignes, à partir de leur intersection mutuelle, des distances qui soient en raison inverse des vîtesses de la lumière suivant leurs directions, savoir, pour les premières en raison inverse des vîtesses qui ont lieu après la réfraction, et pour les secondes de celles qui ont lieu auparavant: si par les points ainsi déterminés on conçoit ensuite deux surfaces dont l'une passe par tous ceux qui se trouvent sur les rayons réfractés, et l'autre par tous ceux qui se trouvent sur les prolongemens des rayons incidens; qu'enfin on mène deux plans dont l'un soit tangent à la première surface au point où elle rencontre un rayon réfracté, et l'autre le soit à la seconde au point où elle rencontre le prolongement du rayon incident correspondant; je dis que la commune intersection de ces plans tangens sera dans le plan qui sépare les deux milieux.

Pour démontrer ce théorême il faut exprimer la condition donnée par le principe de la moindre action en quantités

telles qu'on puisse représenter par des fonctions de ces quantités les lignes qui déterminent la position des plans tangens. On a d'abord pour cela les deux quantités s et t que nous avons prises pour variables indépendantes, il s'agit donc de trouver des expressions qui ne contiennent que s, t, des fonctions de ces deux quantités et les dérivées partielles du premier ordre de ces fonctions relatives à s et à t.

La distance prise sur un rayon réfracté en raison inverse de la vîtesse étant représentée par $\frac{1}{\varphi(s,t)}$, il est évident que la perpendiculaire abaissée de l'extrémité de cette distance opposée à l'origine des coordonnées, qui est l'ordonnée z de la première surface, est une fonction de s et de t, dont on trouve aisément la valeur en remarquant que cette distance est égale à $z\sqrt{1+s^2+t^2}$, ce qui donne

$$z=\frac{1}{\varphi(s,t)\sqrt{1+s^2+t^2}}.$$

Si l'on convient, comme je le ferai dans le reste de ce Mémoire, de désigner par les mêmes lettres les quantités qui se correspondent dans les deux surfaces, en distinguant par des primes celles qui se rapportent à la seconde, on trouvera de même

$$z'=\frac{1}{\psi(s',t')\sqrt{1+s'^2+t'^2}}.$$

Ce sont ces fonctions que je choisirai pour en faire dépendre ainsi que de leurs dérivées relatives soit à s et t, soit à s' et t', les expressions qu'il s'agit de trouver.

Prenons sur le rayon réfracté un point fixe dont la dis-

tance au plan des xy soit a, et sur le rayon incident correspondant, un autre point fixe placé de l'autre côté de ce plan à une distance représentée a', les portions de ces rayons comprises entre l'origine et ces points fixes seront respectivement

$$a\sqrt{1+s^2+t^2},$$
$$a'\sqrt{1+s'^2+t'^2},$$

et comme la somme de leurs produits par les vîtesses $\varphi(s,t)$, $\psi(s',t')$, doit être un minimum en vertu du principe de la moindre action, il faudra que

$$d\left(a\varphi(s,t)\sqrt{1+s^2+t^2}+a'\psi(s',t')\sqrt{1+s'^2+t'^2}\right)=0,$$

équation où s et t sont indépendantes, mais où s' dépend de s et t' de t, par des relations bien aisées à obtenir puisqu'il est évident que les deux points pris sur le rayon réfracté et le rayon incident correspondant, étant fixes on a

$$as+a's'=b,$$

et

$$at+a't'=c,$$

b représentant la distance de deux plans menés par ces deux points perpendiculairement à l'axe des x, et c celle de deux plans menés de même perpendiculairement à l'axe des y.

On tire de ces relations

$$\frac{ds'}{ds}=-\frac{a}{a'},$$

et

$$\frac{dt'}{dt}=-\frac{a}{a'}.$$

Mais les valeurs trouvées ci-devant pour z et z' changent l'équation

$$d\left(a\varphi(s,t)\sqrt{1+s^2+t^2}+a'\psi(s',t')\sqrt{1+s'^2+t'^2}\right)=0,$$

en

$$d\left(\frac{a}{z}+\frac{a'}{z'}\right)=0,$$

comme s' ne dépend que de s, et t' de t, on a pour la dérivée relative à s,

$$\frac{a}{z^2}\cdot\frac{dz}{ds(t}+\frac{a'}{z^2}\cdot\frac{dz'}{ds'(t'}\cdot\frac{ds'}{ds}=0,$$

ou

$$\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{ds(t}\cdot-\frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{ds'(t'}=0.$$

et pour la dérivée relative à t,

$$\frac{a}{z^2}\cdot\frac{dz}{dt(s}\cdot+\frac{a'}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{dt'(s'}\cdot\frac{dt'}{dt}=0,$$

ou

$$\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{dt(s}-\frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{dt'(s'}=0.$$

Ainsi les deux équations données par le principe de la moindre action sont

$$\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{ds(t}=\frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{ds'(t'},$$

et

$$\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{dt(s}=\frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{dt'(s'}.$$

Considérons maintenant le plan tangent à la surface construite en portant sur chaque rayon réfracté des distances inverses des vîtesses suivant ces rayons. x, y, z, étant les coordonnées du point de contact, si l'on nomme ξ, η, ζ, celles du plan tangent, l'équation de ce plan sera

$$\zeta - z = \frac{dz}{dx(y}(\xi - x) + \frac{dz}{dy(x}(\eta - y),$$

si l'on fait $\zeta = 0$, et $\eta = 0$, on aura pour déterminer la distance ξ de l'origine au point où il coupe l'axe des x, l'équation

$$-z = \frac{dz}{dx(y}(\xi - x) - y\frac{dz}{dy(x},$$

qui donne

$$\xi = x + \frac{y\frac{dz}{dy(x} - z}{\frac{dz}{dx(y}},$$

et en faisant dans l'équation du plan tangent $\zeta = 0$, et $\xi = 0$, on aura, pour déterminer la distance η de l'origine au point où il coupe l'axe des y, une équation qui donnera

$$\eta = y + \frac{x\frac{dz}{dx(y} - z}{\frac{dz}{dy(x}}.$$

Il s'agit maintenant de remplacer dans ces expressions x, y, $\frac{dz}{dx(y}$, $\frac{dz}{dy(x}$, par leurs valeurs en s, t, $\frac{dz}{ds(t}$, $\frac{dz}{dt(s}$. Or on a $x = sz$, $y = tz$, et la seconde de ces deux équations donne

$$z=\frac{y}{t},$$

$$\frac{dz}{dx(y}=-\frac{y}{t^2}\cdot\frac{dt}{dx(y}=-\frac{z}{t}\cdot\frac{dt}{dx(y},$$

$$\frac{dz}{dy(x}=\frac{1}{t}\cdot-\frac{y}{t^2}\cdot\frac{dt}{dy(x}=\frac{1}{t}-\frac{z}{t}\cdot\frac{dt}{dy(x},$$

ce qui change la valeur de ξ en

$$\xi=sz+\frac{z-z^2\dfrac{dt}{dy(x}-z}{-\dfrac{z}{t}\cdot\dfrac{dt}{dx(y}}=sz+tz\frac{\dfrac{dt}{dy(x}}{\dfrac{dt}{dx(y}},$$

mais

$$\frac{\dfrac{dt}{dy(x}}{\dfrac{dt}{dx(y}}=-\frac{dx}{dy(t}=-\frac{\dfrac{dx}{ds(t}}{\dfrac{dy}{ds(t}}=-\frac{z+s\dfrac{dz}{ds(t}}{t\dfrac{dz}{ds(t}}=-\frac{z}{t\dfrac{dz}{ds(t}}-\frac{s}{t},$$

d'où

$$\xi=sz-tz\left(\frac{z}{t\dfrac{dz}{ds(t}}-\frac{s}{t}\right)=-\frac{z^2}{\dfrac{dz}{ds(t}}=-\frac{1}{\dfrac{1}{z^2}\cdot\dfrac{dz}{ds(t}}.$$

On trouvera par un calcul semblable, exécuté sur les coordonnées de la seconde surface,

$$\xi'=-\frac{1}{\dfrac{1}{z'^2}\cdot\dfrac{dz'}{ds'(t'}},$$

et comme le principe de la moindre action nous a donné

$$\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{ds(t}=\frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{ds'(t'},$$

on a

$$\xi = \xi',$$

c'est-à-dire que les deux plans tangens coupent l'axe des x au même point.

Si l'on tire les valeurs de z, $\frac{dz}{dx(y}$, $\frac{dz}{dy(x}$, de l'équation $x = sz$, on aura

$$z = \frac{x}{s},$$

$$\frac{dz}{dx(y} = \frac{1}{s} - \frac{x}{s^2} \cdot \frac{ds}{dx(y} \cdot = \frac{1}{s} - \frac{z}{s} \cdot \frac{ds}{dx(y},$$

$$\frac{dz}{dy(x} = -\frac{x}{s^2} \cdot \frac{ds}{dy(x} = -\frac{z}{s} \cdot \frac{ds}{dy(x},$$

et ces valeurs étant substituées ainsi que celles de x et de y, dans

$$\eta = y + \frac{x\frac{dz}{dx(y} - z}{\frac{dz}{dy(x}}$$

on trouvera

$$\eta = tz + \frac{z - z^2 \cdot \frac{dt}{dx(y} - z}{-\frac{z}{s} \cdot \frac{ds}{dy(x}} = tz + sz\frac{\frac{ds}{dx(y}}{\frac{ds}{dy(x}},$$

et à cause de

$$\frac{\frac{ds}{dx(y}}{\frac{ds}{dy(x}} = -\frac{dy}{dx(s} = -\frac{\frac{dy}{dt(s}}{\frac{dx}{dt(s}} = -\frac{z + t\frac{dz}{dt(s}}{s\frac{dz}{dt(s}} = -\frac{z}{s\frac{dz}{dt(s}} - \frac{t}{s},$$

$$\eta = -\frac{z^2}{\frac{dz}{dt(s}} = -\frac{1}{\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{dt(s}},$$

en faisant le même calcul relativement à la seconde surface, on obtiendra

$$\eta' = -\frac{1}{\frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{dt'(s'}},$$

et comme en vertu du principe de la moindre action

$$\frac{1}{z^2}\cdot\frac{dz}{dt(s} = \frac{1}{z'^2}\cdot\frac{dz'}{dt'(s'},$$

on aura

$$\eta = \eta',$$

c'est-à-dire que les deux plans tangens rencontrent aussi l'axe des y au même point, d'où il suit que leur commune intersection rencontrant l'axe de x et celui des y, est toute entière dans le plan réfringent où nous avons pris ces deux axes.

On déduit de ce théorême une construction applicable à tous les cas où l'on connaît soit pour le milieu où le rayon entre, soit pour celui dont il sort, la vîtesse de la lumière en fonctions de deux angles qui en déterminent la direction, et par laquelle on construit le rayon réfracté, quand on a la direction du rayon incident.

Il suffit pour cela de construire autour du point où ce dernier rencontre la surface réfringente, les deux surfaces dont nous avons expliqué la génération, de prolonger le rayon incident donné jusqu'à la rencontre de la seconde,

de mener à celle-ci, au point où il la coupe, un plan tangent, de faire passer par l'intersection de ce plan et de la surface réfringente un autre plan, tangent à la première surface, et de joindre enfin le point de contact de ce dernier plan avec le point où le rayon passe d'un milieu dans l'autre, par une ligne qui sera la direction du rayon réfracté.

Losque la vîtesse de la lumière est constante, et indépendante de la direction dans les deux milieux qu'elle traverse successivement, les surfaces dont nous venons de parler sont des sphères dont les rayons sont réciproquement proportionnels aux vîtesses qui ont lieu dans chaque milieu, d'où il est aisé de conclure immédiatement que les plans passant par des rayons incidens et réfractés correspondans, sont perpendiculaires à la surface réfringente, et que les sinus des angles d'incidence et de réfraction sont dans un rapport constant, inverse de celui des vîtesses. La vîtesse de la lumière étant constante dans le vide, la seconde surface est nécessairement une sphère quand le rayon passe du vide dans quelque milieu que ce soit. Mais si ce milieu jouit de la propriété de la double réfraction, le rayon extraordinaire aura des vîtesses différentes suivant diverses directions, et si l'on compare la construction que nous venons de démontrer à celle de Huyghens considérée comme un simple résultat de l'observation, on verra sur le champ qu'il faut pour qu'elles s'accordent que l'ellipsoïde qu'il décrit soit précisément notre seconde surface, et qu'il faut par conséquent que les vîtesses suivant les divers rayons extraordinaires soient en raison inverse des portions de ces rayons comprises entre le centre et la surface de cet ellipsoïde.

En nommant a et b ses deux demi-axes, et c la distance du centre au foyer, on trouve que la portion du rayon qui forme un angle égal à α avec le petit axe, a pour valeur

$$\frac{b}{\sqrt{1-\frac{c^2}{a^2}\sin.\ \alpha^2}},$$

et comme cette portion, d'après ce que nous venons de voir, est au demi-petit axe, comme la vîtesse v du rayon, soit ordinaire, soit extraordinaire, dirigée suivant le petit axe, est à la vîtesse u de la lumière extraordinairement réfractée suivant cette portion, il s'ensuit que

$$\frac{b}{\sqrt{1-\frac{c^2}{a^2}\sin.\ \alpha^2}} : b :: v : u = v\sqrt{1-\frac{c^2}{a^2}\sin.\ \alpha^2}.$$

En sorte que l'on déduit ainsi d'une manière très-simple de la loi découverte par Huyghens, que la vîtesse du rayon extraordinaire est égale à celle du rayon ordinaire, dont on a d'ailleurs la valeur, multipliée par $\sqrt{1-\frac{c^2}{a^2}\sin.\ \alpha^2}$.

Cette dernière considération se rapporte seulement aux cristaux où la surface dont les demi-diamètres sont en raison inverse des vîtesses de la lumière extraordinairement réfractée suivant ces demi-diamètres, est un ellipsoïde applati, et où par conséquent la force qui émane de l'axe de polarisation est répulsive. Si cette force était attractive, et que la surface dont nous parlons fût produite par la révolution d'une ellipse autour de son grand axe, en nommant β l'angle

formé par cet axe et le demi-diamètre, et en conservant les dénominations adoptées dans le calcul précédent, on aurait pour la valeur de ce demi-diamètre

$$\frac{a}{\sqrt{1+\frac{c^2}{b^2}\sin.\,\beta^2}},$$

Comme c'est alors suivant le grand axe que la vîtesse des rayons ordinaires et extraordinaires est la même, il viendrait

$$\frac{a}{\sqrt{1+\frac{c^2}{b^2}\sin.\,\beta^2}} : a :: v : u,$$

et l'on trouverait

$$u = v\sqrt{1+\frac{c^2}{b^2}\sin.\,\beta^2},$$

telle est dans ce cas la vîtesse de la lumière réfractée extraordinairement par le cristal.

MÉMOIRE

Sur le mouvement des fluides dans les tubes capillaires, et l'influence de la température sur ce mouvement.

PAR M. GIRARD.

Lu à l'Académie, le 30 avril et le 6 mai 1816.

INTRODUCTION.

Les phénomènes de l'équilibre des fluides dans les tubes capillaires ont été observés par tous les physiciens, et soumis à l'analyse par les plus illustres géomètres. Il n'en est pas ainsi du mouvement des fluides dans ces mêmes tubes : s'il présente des phénomènes particuliers, ils n'ont pas été jusqu'à-présent l'objet d'un examen approfondi. Les lois communes de l'hydraulique ne lui ont point été appliquées, et il reste à connaître quel parti l'on peut tirer du calcul pour expliquer les effets de la capillarité sur les fluides en mouvement.

Avant de rendre compte des expériences auxquelles je me suis livré, je dois dire sous quel point de vue d'utilité je les ai entreprises; l'exposé que je vais faire fournira d'ailleurs une nouvelle preuve que si quelquefois les observateurs ne parviennent pas aux résultats qu'ils desirent, les

faits qu'ils recueillent éclairent toujours la science d'une nouvelle lumière, et offrent souvent à leurs recherches un champ plus vaste que celui dans lequel ils s'étaient d'abord renfermés.

Le mouvement des fluides dans les tuyaux cylindriques ou dans les canaux, ne parvient à l'uniformité que lorsque l'action des forces accélératrices, par lesquelles le mouvement est imprimée, se trouve contre-balancée par les diverses résistances que ces fluides éprouvent à se mouvoir; la connaissance des lois de ce mouvement uniforme dépend donc de la détermination des forces accélératrices et retardatrices auxquelles le fluide est soumis.

La gravité est la seule force accélératrice qui, dans les cas ordinaires, produise ce mouvement; sa valeur et sa manière d'agir sur les corps étant connues depuis long-temps, il restait aux physiciens à rechercher la nature des forces retardatrices dont il s'agit, et à déterminer leur valeur par l'expérience : malgré l'attention donnée aux diverses branches de la mécanique depuis Galilée, et les progrès rapides de cette science, ce n'a été que vers la fin du dernier siècle qu'on a commencé à reconnaître l'influence des forces retardatrices qui modifient le mouvement des fluides pesans, et qu'on a senti la nécessité d'en déterminer l'expression.

C'est particulièrement pour assigner les lois du mouvement uniforme de l'eau dans les canaux ouverts ou dans les aquéducs que cette détermination était indispensable; il n'est donc point étonnant que la premiere idée de s'en occuper soit venue à ceux que leurs fonctions appelaient plus particulièrement à mettre en pratique la connaissance de ces lois.

Il paraît que vers l'année 1775 M. Chézy, directeur de l'école des Ponts-et-Chaussées, rechercha le premier, à l'occasion du canal de l'Yvette, dont il était chargé de rédiger les projets, une formule au moyen de laquelle on pût établir plus exactement qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, les rapports existans entre la pente d'un aquéduc, les dimensions de sa section transversale, et le volume d'eau qu'il doit amener (1).

Il supposa donc que dans les canaux ouverts, où l'eau se meut en vertu d'une certaine pente, la force accélératrice due à cette pente, et qui exerce son action sur la masse entière du fluide, est contre-balancée par les résistances que ce fluide éprouve à se mouvoir en glissant sur les parois intérieures du canal. Ainsi ces résistances sont d'abord proportionnelles à la surface de ces parois. Chézy supposa de plus qu'elles croissaient proportionnellement au carré de la vîtesse de l'eau, de sorte que, la section du canal étant constante, il exprima la condition de l'uniformité du mouvement par une équation de deux termes, dont le premier membre est le produit de la pente du canal par la surface de la section du fluide perpendiculaire à la direction du mouvement, et dont le second membre est le produit du périmètre des parois mouillées du canal, du carré de la vîtesse du fluide, et d'un coëfficient constant.

Il détermina ce coëfficient par l'expérience, et obtint ainsi une formule qui, dans certains cas plus ou moins approchans de ceux auxquels ses observations s'étaient appliquées, exprimait assez exactement les conditions du mouve-

(1) Mémoires manuscrits de l'école des Ponts-et-Chaussées.

ment uniforme de l'eau dans les canaux ouverts; ce qui suffisait à la pratique, aux besoins de laquelle il avait eu spécialement en vue de satisfaire.

Ce que Chézy avait remarqué sur le mouvement uniforme de l'eau dans les canaux ouverts, fut conclu par Bossut, de ses expériences sur le mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite (1).

Il observa en effet que si l'on conserve à un tuyau de conduite le même diamètre et la même charge d'eau, en faisant varier seulement sa longueur, le carré de la dépense en un temps donné, ou ce qui revient au même, le carré de la vîtesse uniforme du fluide dans ce tuyau, est en raison inverse de sa longueur, formule de Chézy mise en d'autres termes, comme il est aisé de s'en assurer. Bossut se contenta au surplus d'indiquer cette observation sans en tirer aucun parti, pour exprimer par une équation les conditions du mouvement uniforme des fluides dans les tuyaux de conduite ; ce n'a été que quelques années après la publication de ses expériences, que MM. Dubuat et d'Obenheim, ingénieurs militaires, en ont entrepris de nouvelles à dessein d'établir une formule du mouvement uniforme plus exacte que celle dans laquelle on s'était contenté de supposer les forces retardatrices proportionnelles au carré de la vîtesse. Les principes d'hydraulique publiés par le chevalier Dubuat, en 1779 et en 1786, contiennent une suite très-précieuse d'observations dont les résultats s'accordent assez-bien avec la nouvelle formule du mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite et les canaux ouverts, qu'il propose

(1) Traité d'Hydrodynamique, tom. 2, pag. 143.

dans son ouvrage : mais une fonction logarithmique, qui y est introduite par une sorte de tâtonnement, lui imprime un caractère d'incertitude qui devait naturellement en restreindre l'usage et porter les géomètres et les physiciens à soumettre cet objet à de nouvelles recherches.

Un Mémoire de Coulomb, sur *les expériences destinées à déterminer la cohérence des fluides et les lois de leurs résistances dans les mouvemens très-lents*, inséré dans le troisième volume des actes de la première Classe de l'Institut, contient les principes qui doivent conduire à la solution de cette question. L'auteur y prouve, par le raisonnement et par le fait, que, dans les mouvemens qu'il a observés, on satisfait aux phénomènes en égalant la résistance à une fonction entière ou rationnelle composée de deux termes dont l'un est proportionnel à la première, et l'autre à la deuxième puissance de la vîtesse. Coulomb est parvenu à ces résultats en faisant mouvoir des surfaces planes dans un fluide stagnant; mais il est évident que les mêmes phénomènes se seraient manifestés si ce fluide se fût mu avec la même vîtesse sur les mêmes surfaces supposées immobiles; il était donc naturel d'appliquer la formule de Coulomb au mouvement uniforme de l'eau dans les canaux ouverts et les tuyaux de conduite, et c'est ce que j'ai fait le premier dans un Mémoire publié en 1804 (1).

Les formules générales de l'hydrodynamique, appliquées au mouvement linéaire des fluides pesans, donnent, comme on sait, une expression très-simple de la force accélératrice qui produit le mouvement. Ces formules, rigoureusement

(1) Rapport sur le projet général du Canal de l'Ourcq, pag. 37.

exactes, lorsque le mouvement à lieu dans les tuyaux d'un très-petit diamètre, peuvent s'appliquer encore au mouvement de l'eau dans les tuyaux cylindriques de grosseur uniforme ou dans des canaux de section constante, si l'on suppose que tous les filets fluides qui se meuvent dans ces canaux parallèlement entre eux sont animés de la même vîtesse. Quoiqu'il n'en soit point ainsi, nous le supposerons un instant, afin de rendre plus sensibles les considérations que nous allons présenter sur la génération des forces retardatrices dont il est question.

Nous ferons remarquer d'abord que les forces retardatrices par lesquelles l'action de la pesanteur est contre-balancée dans un fluide en mouvement, dérivent seulement de l'adhérence de ce fluide aux parois du canal qui le contient, et des aspérités qui les recouvrent; car la pression exercée par les fluides contre les parois des canaux où ils se meuvent ne produit aucun frottement analogue à celui qui retient les corps solides les uns aux autres. Ce fait, constaté par une multitude d'expériences, établit comme on voit une différence essentielle dans les phénomènes du mouvement des corps, suivant l'état de solidité ou de fluidité dans lequel on les considère.

Par l'effet de l'adhérence du fluide aux parois du canal qui le contient, il arrive qu'une couche très-mince de ce fluide reste attachée à ces parois, de sorte que le courant s'établit en glissant sur cette couche; et comme elle doit avoir une épaisseur constante, si les parois solides sont d'une matière homogène, elle présente à la masse mobile les mêmes aspérités que celles dont les parois elles-mêmes sont revêtues. Une section transversale quelconque du courant est donc

retenue dans la position qu'elle occupe actuellement, par la force avec laquelle toutes les molécules de son périmètre adhérent à la couche fluide qui enveloppe et qui mouille ses parois. Mais pendant un temps déterminé les mêmes molécules du périmètre de la masse mobile adhèrent successivement à la couche fluide qui mouille les parois sur un nombre de points d'autant plus grands que la vîtesse du courant est plus considérable. Et comme la résistance au mouvement résultant de ces adhérences successives est proportionnelle à leur somme pendant un instant quelconque, il est évident qu'en nommant R la force qui retient entre elles deux molécules fluides contiguës, P le périmètre de la section transversale du courant, et u sa vîtesse ; un des termes de la force retardatrice cherchée sera représentée par RPu.

La force retardatrice se réduirait évidemment à ce terme, si la surface des parois du canal ou du tuyau dans lequel le fluide se meut ne présentait aucune aspérité ; mais il n'en est point ordinairement ainsi, et ces parois étant presque toûjours couvertes d'inégalités qui se répètent sur la couche fluide adhérente à ces parois, la masse fluide en mouvement reçoit de ces aspérités une impulsion contraire à la direction de son mouvement et proportionnelle à la vîtesse du choc.

Or le nombre des aspérités qui résistent successivement pendant l'unité de temps étant exprimé par Pu, il s'ensuit que le second terme de la force retardatrice provenant des aspérités de la paroi doit être égal à Puu multiplié par un certain coëfficient propre à représenter la résistance de chaque aspérité.

On voit comment les deux premières puissances de la vîtesse d'un fluide qui se meut dans un tuyau de conduite doivent concourir à former l'expression de la force retardatrice de ce fluide, et comment la théorie et les expériences de Coulomb peuvent s'appliquer à la détermination des conditions qui amènent le mouvement à l'uniformité.

Je supposai dans le Mémoire dont il s'agit que la première et la deuxième puissance de la vîtesse qui forment l'expression de la force retardatrice, avaient un coëfficient commun. Cette hypothèse fournit une formule très-simple du mouvement uniforme dont les applications me conduisirent à des résultats qui s'accordaient avec l'expérience aussi exactement que ceux déduits de la formule de Dubuat; ils avaient d'ailleurs sur ceux-ci l'avantage de pouvoir être obtenus avec beaucoup de facilité et d'être dérivés de considérations qui semblent lier immédiatement à la physique la théorie mathématique des fluides.

Cependant cette supposition d'identité entre les coëfficiens de la première et de la seconde puissance de la vîtesse, qui peut convenir à certains fluides dans des circonstances particulières, n'est point généralement admissible, comme M. de Prony l'a fait voir depuis dans ses recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes.

Il est évident en effet que chacun des deux termes proportionnels à la première et à la deuxième puissance de la vîtesse, dans l'expression de la force retardatrice, doit avoir un coëfficient différent, si non par sa valeur numérique, du moins par le nombre de ses dimensions.

M. de Prony a rassemblé, dans son important ouvrage, une suite nombreuse d'expériences de la combinaison des-

quelles il a conclu les valeurs des deux coëfficiens cherchés, et par suite une formule du mouvement uniforme de l'eau dans les tuyaux de conduite et les canaux ouverts, propre à résoudre, avec toute l'exactitude desirable, les questions fondamentales de l'hydraulique. Ainsi la publication des recherches de cet académicien sur la théorie des eaux courantes, est un nouveau service ajouté à tous ceux que l'art de l'ingénieur lui doit déja.

Mais, si les besoins de l'art ne réclament pas une plus grande exactitude dans la détermination des coëfficiens des deux premières puissances de la vîtesse qui constituent l'expression de la force retardatrice, il n'est pas moins vrai de dire que la véritable valeur de ces coëfficiens n'est point exactement connue; car, sans tenir compte des erreurs inséparables des observations, il est aisé de reconnaître que la méthode employée jusqu'à-présent pour les déterminer n'a pu donner que des valeurs approximatives.

En effet tous les filets fluides ne se meuvent point avec la même vîtesse dans un tuyau de conduite ou dans un canal ouvert. L'un de ces filets, que l'on peut appeler central, se meut plus vîte que tous les autres, et la vîtesse de ceux-ci diminue suivant une certaine loi, à partir de ce filet jusqu'aux parois du canal, ou plutôt jusqu'à la couche fluide qui leur est adhérente.

Or ceci est occasionné évidemment par la cohésion des couches fluides entre elles : cohésion en vertu de laquelle chacune de ces couches tend à accélérer celle avec laquelle elle est en contact du côté de la paroi, et à retarder celle qui lui est contiguë du côté de l'axe ou du centre. De plus il est aisé de démontrer, comme M. de Prony l'a fait voir,

que, quelles que soient cette cohésion et les fonctions des vîtesses de chaque couche fluide concentrique auxquelles les résistances dues à cette cohésion sont proportionnelles, la force retardatrice moyenne en est indépendante et n'est fonction que des résistances et des vîtesses qui ont lieu à la limite des couches fluides concentriques; c'est-à-dire à la paroi même du tuyau solide qui les renferme.

Cette vîtesse latérale est donc celle dont la première et la seconde puissance doivent entrer dans l'expression de la force retardatrice et celle parconséquent qu'il convient de déterminer pour en déduire la véritable valeur des coëfficiens cherchés. Il faut remarquer maintenant que les observations faites jusqu'ici ne donnent immédiatement que la vîtesse moyenne; et, comme elle est évidemment plus grande que la vîtesse latérale, il s'ensuit que les coëfficiens qu'on a obtenus ont une valeur moindre que celle qui leur convient véritablement.

On parviendrait à la détermination de celle-ci par l'observation de la vîtesse moyenne, qui ne présente aucune difficulté, si l'on connaissait la loi de variabilité qui lie entre elles les vîtesses des couches fluides concentriques depuis le centre du tuyau jusqu'à sa paroi : mais, cette loi n'ayant point été assignée jusqu'à-présent, il devient indispensable d'assigner la vîtesse latérale par des observations immédiates. Voici d'ailleurs quelques considérations qui rendent cette détermination plus facile.

Il est évident, d'abord, que la vîtesse centrale de l'eau en mouvement, dans un tuyau de conduite, diffère d'autant moins de la vîtesse latérale que le diamètre de ce tuyau est moindre; car si on réduit par la pensée ce diamètre à être

infiniment petit, le cylindre d'eau qui s'y mouvra pourra être considéré comme un filet élémentaire dont toutes les molécules n'auront qu'une seule et même vîtesse.

Il est évident, en second lieu, que la propriété d'adhérer à la matière du tube restant inhérente au fluide qu'il contient, quel que soit le diamètre de ce tube, le filet en mouvement glisse toujours sur la couche fluide immobile qui tapisse intérieurement le tuyau. Ainsi les résistances au mouvement sont de la même nature que celles qu'éprouverait une masse fluide plus considérable dans de plus gros tuyaux, et les coëfficiens des termes de la force retardatrice semblent devoir rester les mêmes dans l'un et l'autre cas.

Il est évident enfin que la théorie du mouvement linéaire des fluides, dont Euler a donné le premier les formules (1), s'appliquant au cas spécial de l'écoulement par des tuyaux très-petits, les observations faites sur de semblablables tuyaux doivent s'accorder d'autant mieux avec les formules théoriques. D'après cela il était naturel de penser que de nouvelles expériences, sur le mouvement uniforme de l'eau dans des tuyaux très-petits, serviraient avantageusement à déterminer les coëfficiens de la force retardatrice qui contrebalance l'action de la pesanteur, et contribueraient ainsi à donner aux formules de ce mouvement uniforme un degré de précision qu'elles n'ont point encore obtenu.

---

(1) Académie de Pétersbourg, 1756; *Principia motûs fluidorum*, ibid. 1770; *de motu fluidorum lineari.*

PREMIÈRE PARTIE.

EXPOSÉ ET DISCUSSION DES EXPÉRIENCES QUI ONT ÉTÉ FAITES : PHÉNOMÈNES QU'ELLES PRÉSENTENT.

§ I^er^.

Formule générale du mouvement linéaire uniforme. Description des appareils employés pour les expériences.

Je viens d'exposer l'état de la question et les motifs qui m'ont porté à l'envisager sous un nouveau point de vue. Je vais maintenant faire connaître les résultats des expériences que j'ai entreprises; mais auparavant il convient de rappeler succinctement l'analyse qui conduit à la formule générale du mouvement linéaire et uniforme des fluides.

Si l'on appelle x, y, z, les trois coordonnées d'une molécule fluide rapportée à trois plans perpendiculaires entre eux;

p, la pression qu'elle éprouve;

t, le temps écoulé depuis le premier instant de son mouvement;

v', v'', v''', les vîtesses de la molécule respectivement parallèles aux trois axes des coordonnées;

X, Y, Z, les trois forces accélératrices qui, en vertu des puissances parallèles à ces axes, seraient à la fin du temps t imprimées à la molécule, si elle était parfaitement libre;

φ', φ'', φ''', les trois forces accélératrices dont elle est réellement animée parallèlement à ces trois axes;

Enfin g, la force accélératrice de la pesanteur terrestre; si de plus l'on désigne par δp, δx, δy, δz, les différences contemporaines de pression et de position de deux molécules infiniment voisines; et par dp, dx, dy, dz, les différences qui se rapportent à deux positions de la même molécule dans deux instans consécutifs de son mouvement, on a, comme on sait, pour en déterminer les circonstances, les deux équations :

$$\left(\frac{d\varphi'}{dx}\right)+\left(\frac{d\varphi''}{dy}\right)+\left(\frac{d\varphi'''}{dz}\right)=0 \ldots\ldots \text{(A)}$$

$$\delta p = X\delta x + Y\delta y + Z\delta z - (\varphi'\delta x + \varphi''\delta y + \varphi'''\delta z) \ldots\ldots \text{(B)}$$

Supposons l'axe des z vertical, et appliquons ces deux formules au mouvement d'un liquide pesant renfermé dans un tuyau étroit, de courbure quelconque, de grosseur uniforme, et fixe de position dans l'espace; nous aurons d'abord :

$$X=0,\ Y=0,\ Z=-g.$$

Considérant ensuite que chaque molécule est assujétie à se mouvoir parallèlement à la directrice ou à l'axe du tuyau, on voit que l'équation de continuité (A) peut se réduire à cette formule plus simple,

$$\left(\frac{du}{ds}\right)=0 \ldots\ldots (a),$$

dans laquelle u représente la vîtesse d'une molécule paral-

lèlement à l'élément ds de la courbe du tuyau auquel cette molécule correspond pendant l'instant dt.

Considérant encore qu'à la somme des trois termes, $\varphi' \delta x + \varphi'' \delta y + \varphi''' \delta z$, de la formule (B) on peut substituer le terme unique $\varphi \delta s$, qui représente le moment de la force accélératrice φ parallèle à l'élément de la courbe, cette formule devient

$$\delta p = -g \delta z - \varphi \delta s \ldots\ldots\ldots (b)$$

Or le premier membre de l'équation $\left(\frac{du}{ds}\right) = 0$, étant la différence partielle de u par rapport à s, cette équation est identique avec celle-ci, $\delta u = 0$, par laquelle on exprime qu'au même instant toutes les molécules qui composent le filet fluide se meuvent avec la même vîtesse : cette vîtesse varie donc seulement d'un instant à l'autre de la même quantité dans toute l'étendue du fluide, et l'on a généralement f et f' étant des signes de *fonctions*, suivant la notation de *Lagrange*

$$u = f(t), \left(\frac{du}{dt}\right) = f'(t) = \varphi,$$

d'où l'on voit que la force accélératrice φ est aussi seulement fonction du temps et par conséquent constante au même instant pour toutes les molécules.

Changeant δ en d, et intégrant, d'après cette considération, l'équation (b), elle devient :

$$p = g(c - z) - \varphi s + \mathrm{F}(t),$$

laquelle exprime en termes finis la pression d'une molécule en un point quelconque du filet fluide dans un instant dé-

terminé, c et $F(t)$ étant des quantités constantes introduites par l'intégration et que les conditions de la question servent à assigner.

Supposons, par exemple, que la courbe plane CMN, dont l'axe des z est la verticale AC, et l'axe des x l'horizontale AB, représente le tuyau (pl. I^ere^, fig. 1) et que la portion M'MM'' de ce tuyau soit la seule remplie de fluide; l'équation précédente donnera la pression p en un point quelconque M, pour lequel $CM = s$, et $QM = z$.

Supposons maintenant que les pressions qui ont lieu aux extrémités M' et M'' du fluide en mouvement soient connues et représentées par P' et P'', on aura, pour chacun de ces points auxquels correspondent les arcs $CM' = s'$ et $CM'' = s''$, et les ordonnées verticales $Q'M' = z'$ et $Q''M'' = z''$, les deux équations symétriques

$$P' = g.(c - z') - \varphi s' + F(t)$$
$$P'' = g.(c - z'') - \varphi s'' + F(t)$$

d'où l'on tire :

$$(P' - P'') = g(z'' - z') + \varphi(s' - s').$$

Si le tube est rectiligne et si le fluide qu'il contient entre ses deux extrémités est constamment renouvelé par un réservoir R' placé à la tête C de ce tube (fig. 2) et entretenu constamment plein, tandis que le produit de l'écoulement est reçu dans un autre réservoir R'' au-dessous de la surface du fluide qui y est aussi entretenu à un niveau constant, on aura, en appelant H' et H'', les hauteurs de fluide qui chargent les deux orifices du tube,

$$P' = g H' ; \; P'' = g H'',$$

de plus $s' = 0$; l'équation précédente se réduit, dans ce cas particulier, à celle-ci :

$$g \cdot (H' - H'') = g \cdot (z'' - z') + \varphi s''.$$

Supposons enfin, 1° que le tube incliné CM″ devienne horizontal et se confonde avec l'axe des abscisses AQ″ ; 2° que le réservoir R″ disparaisse, et que le fluide s'écoule du tube dans l'air libre (fig. 3), alors il n'y a plus de pression à son extrémité antérieure, et l'on a

$$g H'' = 0, \; z' = z'' = 0 ;$$

donc enfin

$$\varphi = g \frac{H'}{s''} = g \frac{h}{l}$$

en faisant généralement la hauteur de la charge à la tête du tube $= h$, et la longueur de ce tube $= l$.

Maintenant, la force accélératrice φ exerçant son action sur le volume entier de fluide qui est contenu dans le tube, il est clair qu'en appelant Π le rapport de la circonférence au diamètre, et D celui du tube, le moment de la force accélératrice φ aura pour expression

$$g \frac{h}{l} \times \frac{\Pi D^2}{4} l.$$

quantité qui doit être égale au moment de la force retardatrice dont l'action s'exerce sur toute la surface $\Pi D l$, du fluide en mouvement.

Or, si l'on appelle u la vîtesse d'écoulement du liquide dans le tube, la force retardatrice sera, comme on sait, exprimée généralement par

$$a u + b u^2,$$

a et b étant des coëfficiens constans qui doivent être déterminés par l'expérience. Le moment de la force retardatrice est donc

$$(au + bu^2)\,\Pi D l;$$

ainsi l'uniformité de l'écoulement du liquide dans le tube est énoncée par cette formule,

$$g\frac{h}{l}\left(\frac{\Pi D^2}{4}l\right) = (au + bu^2)\,D\Pi l,$$

ou bien

$$g\frac{Dh}{4l} = au + bu^2$$

dans laquelle tout est connu d'avance ou donné immédiatement par l'observation, à l'exception des deux coëfficiens a et b.

Comme il s'agissait de déduire des résultats de l'expérience, à l'aide du calcul, les valeurs numériques de ces deux coëfficiens, il était indispensable d'employer des tubes parfaitement calibrés et dont on pût faire varier les longueurs à volonté. J'ai en conséquence fait exécuter, dans les ateliers des frères Jecker, deux séries de petits tubes de cuivre rouge, qui ont été tirés à la filière sur des mandrins de fil d'acier.

La première série est composée de tubes de 2 millimètres $\frac{96}{100}$ de diamètre. Chaque tube, de 2 décimètres de longueur environ, porte à chacune de ses extrémités une virole en laiton, dont l'une se termine par une vis et l'autre par un écrou; tous ces tubes peuvent ainsi s'ajuster successi-

vement les uns aux autres et former autant de tuyaux de différentes longueurs depuis $0^{m},200$ jusqu'à $2^{m},200$.

La seconde série est composée de tubes de 1 millimètre $\frac{53}{100}$ de diamètre, disposés comme les premiers pour s'adapter les uns aux autres.

Ces tubes peuvent être implantés horizontalement dans la paroi d'un cylindre de fer-blanc AB de 20 centimètres de diamètre et de 40 centimètres de hauteur (planche II, fig. 1, 2, 3 et 4). Ce cylindre, destiné à servir de réservoir, est garni extérieure ment d'une règle de cuivre verticale A*b*, percée de petits orifices éloignés les uns des autres de 5 centimètres, et taraudés pour recevoir l'une des extrémités des tubes pendant que l'eau de ce réservoir s'écoule par le tube mis en expérience. Ce réservoir reçoit de nouvelle eau au moyen d'un robinet C adapté à une cuve de plomb DE, qui est placée au-dessus de tout l'appareil.

Les parois du réservoir cylindrique sont coupées à leur partie supérieure par deux échancrures diamétralement opposées, formant déversoir pour l'évacuation de l'eau surabondante que peut fournir le robinet alimentaire. Pour que cette eau ne produise aucun mouvement sensible et n'occasionne point d'ondulation à la surface de celle que contient le réservoir cylindrique, ce vase est divisé intérieurement par une cloison verticale *g h* (fig. 3), derrière laquelle l'eau de la cuvette supérieure tombe en glissant lentement le long d'un linge adapté au robinet C (fig. 1 et 3), et qui trempe dans le réservoir jusqu'à une certaine profondeur. Le trop-plein de cette eau passe au-dessus de la cloison dont on

vient de parler, en formant une nappe horizontale, et vient entretenir, à un niveau constant, celle de la portion du vase à laquelle les tubes sont adaptés. On s'assure de la manière la plus exacte de ce niveau au moyen d'une vis micrométrique verticale K (fig. 1 et 3), mobile dans une traverse de cuivre fixée au haut du réservoir : cette vis est terminée par une pointe, laquelle doit être en contact avec la surface de l'eau pendant la durée d'une expérience. Cette surface étant maintenue à une hauteur invariable au-dessus de l'orifice du réservoir cylindrique où le tube est implanté, il ne reste plus qu'à s'assurer de l'abaissement de l'autre extrémité du tube au-dessus de la surface de l'eau du réservoir.

Pour y parvenir avec facilité, on a érigé solidement sur la table qui porte l'appareil, deux montans verticaux L M, N O, en forme d'alilade, dont le vide correspond à la règle de cuivre qui est appliquée sur le réservoir cylindrique A B et qui porte les orifices. Deux grandes règles P Q, liées entre elles à leurs extrémités, embrassent extérieurement les deux montans verticaux le long desquels elles peuvent être soutenues à différentes hauteurs au moyen de chevilles. Ces règles supportent un certain nombre de petits coins mobiles x et y qui soutiennent eux-mêmes le tube en expérience, que l'on fait passer dans l'ouverture des alilades L M, N O. Une troisième règle R S, dont l'arête supérieure correspond au niveau de l'eau dans le réservoir, est fixée sur ces deux montans verticaux dans une position parfaitement horizontale. On fait glisser sur cette règle une équerre à talon, portant à un point quelconque de sa branche verticale une

aiguille d'acier qui sert d'index, à la hauteur duquel on fait correspondre le centre du tube.

Les deux extrémités de ce tube ont été placées de niveau dans toutes les observations, de sorte que l'écoulement a eu lieu en vertu de la hauteur de l'eau du réservoir au-dessus de l'orifice.

Tout étant ainsi disposé, on a réglé le robinet C de la cuvette supérieure, de manière que l'eau qu'il fournissait remplaçât exactement l'eau qui sortait d'un tube en expérience; état permanent qu'il était aisé de reconnaître en comptant les gouttes d'eau qui tombaient, en un temps donné, par les deux échancrures pratiquées au haut du réservoir cylindrique. La permanence de l'écoulement étant ainsi établie, on recevait l'eau qui s'écoulait par le tube dans un demi-litre en cuivre parfaitement étalonné. Ce vase T était posé de niveau à quelques centimètres au-dessous du tube, et l'on s'assurait qu'il était exactement rempli lorsque l'eau qu'il renfermait mouillait également une plaque de verre qui le recouvrait sur plus des trois quarts de sa surface. Enfin le temps employé à remplir ce vase, suivant les différentes charges d'eau et les différentes longueurs du tube, était mesuré à l'aide d'un compteur à secondes.

Les figures de la planche II compléteront la description que je viens de donner de notre appareil. J'ai cru devoir entrer dans les détails qui précèdent, parce qu'il est plus difficile qu'il ne le paraît au premier coup-d'œil, d'entretenir constamment plein un réservoir de petites dimensions destiné à alimenter un certain écoulement, sans que la surface du fluide contenu dans le réservoir éprouve quelques oscillations qui fassent varier la hauteur de la charge.

La température de l'eau en expérience était mesurée à chaque observation sur le thermomètre centigrade. On notait également la température de la chambre dans laquelle on observait.

Lorsqu'on a voulu rendre la température de l'eau en expérience supérieure à celle de l'atmosphère, on a placé dans le grand réservoir D E un cylindre de cuivre rempli de charbons allumés et semblable à ceux dont on se sert pour échauffer les bains. Mais la température n'a pu être élevée par ce moyen qu'à quarante-quatre degrés; pour l'élever à des degrés supérieurs on s'est servi de l'appareil indiqué planche III, fig. 1, 2 et 3.

Le grand réservoir D E de l'appareil précédent a été remplacé par une bouilloire de cuivre rouge D′ E′, dans l'intérieur de laquelle est ménagée une espèce de fourneau F G (fig. 3), également de cuivre en forme de cône tronqué ayant son axe vertical. Les charbons allumés dont on le remplit échauffent facilement jusqu'à l'ébullition l'eau contenue entre sa surface extérieure et les parois de la bouilloire. Cette eau, ainsi échauffée, peut-être versée à tous les degrés du thermomètre, au moyen du robinet C′, dans un vase cylindrique de cuivre A′ B′ de soixante-seize millimètres de diamètre et de huit centimètres de haut. Elle y est entretenue à un niveau constant, et s'en écoule par le tube horizontal P Q implanté dans sa paroi à six centimètres au-dessous de ce niveau.

Le fond du vase cylindrique A′ B′ est plus ou moins échauffé par une lampe à esprit de vin L, destinée à entretenir au même degré la température du fluide; ce dont on

s'assure au moyen du thermomètre MN (fig. 1 et 3) que l'on y laisse plongé pendant toute la durée de chaque observation. Le produit de l'écoulement qui a lieu par le tube PQ est reçu dans le demi-litre T comme dans les expériences faites avec le premier appareil.

§ II.

Tableaux des expériences faites sur l'écoulement de l'eau par des tubes capillaires de cuivre.

Puisqu'il s'agit de déterminer par l'expérience les deux coëfficiens a et b de la formule

$$g\frac{Dh}{4l} = au + bu^2,$$

il est évident que deux observations suffiraient pour obtenir une valeur de chacun de ces deux coëfficiens, et que cette valeur serait d'autant plus près de la véritable, que ces deux observations seraient plus exactes.

Si donc on en recueille un plus grand nombre ayant toutes le même degré probable d'exactitude, et qu'on les combine deux à deux, on obtiendra autant de valeurs de a et de b que l'on fera de ces combinaisons; prenant ensuite une valeur moyenne entre toutes celles du même coëfficient, il se trouvera déterminé avec toute la précision desirable.

C'était à dessein de les combiner ainsi deux à deux que nos expériences ont été faites. Les résultats en sont présentés dans une suite de tableaux dont la composition est uniforme.

Chacun d'eux est formé de huit colonnes :

La première indique le numéro de l'expérience;

La deuxième la date de l'observation;

La troisième la température de l'eau dans le réservoir où le tube était implanté;

La quatrième la longueur du tube;

La cinquième le nombre de secondes employées à remplir un demi-litre;

La sixième la vîtesse de l'écoulement calculée d'après le diamètre du tube;

La septième la valeur du terme $g\frac{D\,h}{4\,l\,u}$ de la formule générale du mouvement uniforme;

La huitième la quantité d'eau écoulée par seconde.

Pour faciliter le calcul des coëfficiens que nous cherchions, nous avons fait varier successivement et dans un certain ordre chacune des circonstances de l'observation. Ainsi les orifices du réservoir auquel les tubes sont adaptés, étant distans les uns des autres de 5 centimètres sur la verticale, on a disposé, dans un même tableau, la série des observations faites sous une même charge, avec des tuyaux d'un même diamètre, dont les longueurs seules ont varié.

Les expériences sont ordonnées entre elles dans chaque tableau, en descendant des plus grandes longueurs de tuyau aux plus petites.

Nous avons dit plus haut que nous nous étions servis de deux séries de tubes; la première de $2{,}96^{\text{millim.}}$ de diamètre, la seconde de $1{,}83^{\text{millim.}}$. Nous allons rapporter séparément les observations faites sur chacune de ces deux séries. La

capacité du vase destiné à recevoir le produit de l'écoulement étant assez considérable pour que la durée de cet écoulement fût de plusieurs minutes, lors même qu'il était le plus rapide, on conçoit que les erreurs qui auraient pu se glisser dans l'observation du temps en sont d'autant plus atténuées : d'ailleurs chaque expérience a été répétée au moins trois fois de suite, souvent même jusqu'à six fois, ce qui a permis d'établir les calculs sur la durée moyenne de l'écoulement, prise entre les diverses observations faites dans les mêmes circonstances.

Première série de tubes de $0^{m},00296$ *de diamètre.*

PREMIER TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube $0^{m}.25$.

Nos des Expér.	Date des observations.	Degrés de tempér.	Longueur du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	5 janv. 1814.	4 $\frac{1}{2}$	2.223	1609.75	0.04512	0.0036191	0.0000003106
2	*idem.*	4 $\frac{1}{2}$	2.0223	1387.66	0.05234	0.0034296	0.0000003603
3	4 janv. 1814.	3 $\frac{1}{2}$	1.625	1198.25	0.06061	0.0036856	0.0000004173
4	*idem.*	3 $\frac{1}{2}$	1.224	873	0.08319	0.0035634	0.0000005727
5	30 déc. 1813.	3 $\frac{1}{4}$	0.9795	667.40	0.10882	0.0034058	0.0000007491
6	26 déc. 1813.	8 $\frac{1}{2}$	0.733	485.83	0.14948	0.0033129	0.0000010299
7	*idem.*	8 $\frac{1}{2}$	0.491	336	0.17118	0.0043190	*
8	*idem.*	8 $\frac{1}{4}$	0.250	195.66	0.37117	0.0039129	*

Suite de la première série de tubes.

II^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 10.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	4 mars 1814.	3	2.217	823.66	0.08817	0.0037141	0.0000006071
2	*idem.*	3	2.016	718	0.10114	0.0035604	0.0000006964
3	*idem.*	3	1.822	641	0.11330	0.0034050	0.0000007801
4	*idem.*	3	1.618	569	0.12763	0.0035156	0.0000008787
5	4 mars.	3	1.423	496	0.14642	0.0034845	0.0000010211
6	*idem.*	2 $\frac{3}{4}$	1.219	449.80	0.16146	0.0036888	0.0000011116
7	*idem.*	3	1.219	430.33	0.16876	0.0035291	0.0000011618
8	3 mars.	2 $\frac{3}{4}$	0.974	356.33	0.20381	0.0035741	0.0000014030
9	4 mars.	2 $\frac{3}{4}$	0.974	350.50	0.20720	0.0035975	0.0000014265
10	3 mars.	2 $\frac{3}{4}$	0.728	263	0.27750	0.0036196	0.0000018967
11	*idem.*	2 $\frac{3}{4}$	0.728	191.33	0.37958	0.0039310	*
12	4 mars.	3	0.486	188.166	0.38495	0.0038805	*
13	5 janvier.	6	0.250	115.94	0.62639	0.0046362	*
14	3 mars.	2 $\frac{3}{4}$	0.250	124	0.58668	0.0049592	*

Suite de la première série de tubes.

III^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 15.

N^os des expér.	DATES des observations.	DEGRÉS de tempér.	LONGUEURS du tube.	NOMBRE de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	VITESSE d'écoulem. u.	VALEURS du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	PRODUIT de l'écoulement par seconde.
1	12 mars 1814.	glac. fond. 0	2.217	558.66	0.13000	0.0037787	0.0000008949
2	*idem.*	*id.*	2.016	506	0.14352	0.0037638	0.0000009881
3	*id.*	*id.*	1.822	449.33	0.16178	0.0035769	0.0000011127
4	*id.*	*id.*	1.618	399.33	0.18187	0.0037010	0.0000012520
5	*id.*	*id.*	1.423	342.66	0.21194	0.0036110	0.0000014590
6	*id.*	*id.*	1.219	306	0.23734	0.0037643	0.0000016339
7	*id.*	*id.*	0.974	253.50	0.28649	0.0039029	0.0000019723
8	*id.*	*id.*	0.728	196.66	0.36929	0.0040508	0.0000025424
9	*id.*	*id.*	0.489	143.66	0.50553	0.0044327	*
10	*id.*	*id.*	0.250	94.66	0.76721	0.0056779	*
IV^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* 0^m 20.							
1	19 mars 1814.	3 $\frac{3}{4}$	2.217	374	0.19419	0.0033729	0.0000013368
2	*idem.*	*id.*	2.016	334	0.21744	0.0033125	0.0000014970
3	*id.*	*id.*	1.822	303.33	0.23942	0.0032226	0.0000016483
4	*id.*	*id.*	1.618	272.25	0.26676	0.0033643	0.0000018365
5	*id.*	*id.*	1.423	237.50	0.30578	0.0033371	0.0000021052
6	*id.*	*id.*	1.219	208.40	0.34848	0.0034182	0.0000023992
7	*id.*	*id.*	0.974	172.25	0.42162	0.0035359	0.0000029027
8	*id.*	*id.*	0.728	139.66	0.52001	0.0038357	*
9	*id.*	*id.*	0.486	104.00	0.69831	0.0042785	*
10	*id.*	*id.*	0.250	74.08	0.98008	0.0059263	*

Suite de la première série de tubes.

Ve TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0m 25.

Nos des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par secondes.
1	19 avril 1813.	13 $\frac{3}{4}$	2.217	255.56	0.32183	0.0.25458	0.0000022157
2	*idem.*	*id.*	2.016	206.33	0.35204	0.0025580	0.0000024231
3	*id.*	*id.*	1.822	186.66	0.38907	0.0024794	0.0000026786
4	*id.*	*id.*	1.618	170.50	0.42595	0.0026342	0.0000029325
5	*id.*	*id.*	1.423	154	0.47159	0.0026991	0.0000032467
6	*id.*	*id.*	1.219	136	0.53400	0.0028533	0.0000036764
7	*id.*	*id.*	0.974	116	0.62607	0.0029772	0.0000043103
8	*id.*	*id.*	0.728	97	0.74870	0.0032550	*
9	*id.*	*id.*	0.486	78.33	0.92930	0.0040198	*
10	*id.*	*id.*	0.250	62	1.15550	0.0060018	*

VIe TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* 0m 30.

1	20 avril 1814.	11 $\frac{4}{5}$	2.217	198	0.36679	0.0026785	0.0000025252
2	22 avril.	12 $\frac{1}{2}$	2.217	195	0.37053	0.0026514	0.0000025500
3	*idem.*	*id.*	2.016	178.33	0.40724	0.0026529	0.0000028037
4	*id.*	*id.*	1.822	164	0.44283	0.0026128	0.0000030487
5	*id.*	*id.*	1.618	148.66	0.48853	0.0027555	0.0000033633
6	*id.*	*id.*	1.423	133.50	0.54401	0.0028136	0.0000037453
7	*id.*	*id.*	1.219	118	0.61546	0.0029032	0.0000042372
8	*id.*	*id.*	0.974	101.33	0.71673	0.0031201	*
9	*id.*	*id.*	0.728	85.00	0.85440	0.0035017	*
10	*id.*	*id.*	0.486	68.33	1.06280	0.0042166	*
11	*id.*	*id.*	0.250	56	1.29690	0.0067180	*

Suite de la première série de tubes.

VII^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 35.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dk}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	22 avril 1814.	12 $\frac{1}{2}$	2.217	169.75	0.42780	0.0025672	0.0000029453
2	*idem.*	*id.*	2.016	159	0.45671	0.0026443	0.0000031446
3	*id.*	*id.*	1.822	144.33	0.50317	0.0025712	0.0000034642
4	*id.*	*id.*	1.618	130.33	0.55723	0.0027006	0.0000038364
5	23 avril.	11 $\frac{1}{3}$	1.618	133.66	0.54336	0.0027697	0.0000037408
6	*id.*	*id.*	1.423	119.50	0.60774	0.0028155	0.0000041841
7	*id.*	*id.*	1.219	106	0.68671	0.0027778	0.0000047278
8	*id.*	*id.*	0.974	92.66	0.78558	0.0031813	*
9	*id.*	*id.*	0.728	79	0.91929	0.0036383	*
10	*id.*	*id.*	0.486	69.33	1.04750	0.0047828	*
11	*id.*	*id.*	0.250	54.33	1.33980	0.0072694	*

VIII^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 15.

1	5 mai 1814.	14	1.618	270	0.26898	0.0025024	0.0000018518
2	*idem.*	*id.*	1.423	236	0.30773	0.0024870	0.0000021186
3	*id.*	*id.*	1.219	208.50	0.34832	0.0025657	0.0000023980
4	*id.*	*id.*	0.974	178	0.40696	0.0027482	0.0000028011
5	*id.*	*id.*	0.728	144	0.50434	0.0029661	0.0000034722
6	*id.*	*id.*	0.486	112	0.64843	0.0034558	*
7	*id.*	*id.*	0.250	80	0.90780	0.0047986	*

Suite de la première série de tubes.

IX^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 15.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	7 juin 1814.	36	2.217	234	0.31036	0.0015827	0.0000021367
2	*idem.*	37	2.016	211.66	0.34312	0.0015744	0.0000023622
3	*id.*	38	1.822	198	0.36681	0.0015777	0.0000025252
4	*id.*	37	1.618	182.50	0.39794	0.0016914	0.0000027397
5	*id.*	38	1.423	159.33	0.45581	0.0016829	0.0000031381
6	*id.*	37	1.219	142.33	0.51025	0.0017552	0.0000035129
7	*id.*	37	0.974	128	0.56738	0.0019712	*
8	*id.*	36	0.728	121.33	0.59858	0.0024986	*
9	*id.*	36	0.486	105.66	0.68733	0.0032602	*
10	*id.*	36	0.250	79.33	9.91549	0.0047583	*

X^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* 0^m 25.

1	7 juillet 1814.	21 $\frac{1}{5}$	2.217	238.66	0.30430	0.0021523	0.0000020950
2	*idem.*	*idem.*	2.016	216	0.33622	0.0021422	0.0000023148
3	*id.*	*id.*	1.822	197	0.36865	0.0020929	0.0000025380
4	*id.*	*id.*	1.618	180	0.40347	0.0022243	0.0000027770
5	*id.*	*id.*	1.423	161	0.45108	0.0022621	0.0000031055
6	*id.*	*id.*	1.219	146	0.49742	0.0023947	0.0000034246
7	*id.*	*id.*	0.974	128.66	0.56442	0.0026430	*
8	*id.*	*id.*	0.728	117	0.62072	0.0031402	*
9	*id.*	*id.*	0.486	104	0.69831	0.0042785	*

Suite de la première série de tubes.

XI^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 25.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu^2}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	7 juillet 1814.	37	2.217	178	8.40800	0.0020071	0.0000028089
2	*idem.*	38	2.016	151.25	0.48016	0.0018755	0.0000033058
3	*id.*	*id.*	1.822	137.66	0.52756	0.0018285	0.0000036321
4	*id.*	*id.*	1.218	132.25	0.54914	0.0020432	0.0000037809
5	*id.*	40	1.219	118.33	0.61374	0.0024266	*
6	*id.*	*id.*	0.974	110.50	0.65723	0.0028360	*
7	*id.*	*id.*	0.728	97.75	0.74296	0.0033566	*
8	*id.*	*id.*	0.486	80	0.90780	0.0041149	*
9	*id.*	41	0.250	60	1.21040	0.0059996	*
XII^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 05.							
1	8 juin 1814.	33	2.217	809	0.08977	0.0018240	0.0000006180
2	*id.*	37	0.486	188	0.38621	0.0019336	*
3	*id.*	37	0.250	138	0.52626	0.0027592	*
XIII^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 06.							
1	8 nov. 1814.	11.37	2.217	996	0.07291	0.0026947	0.0000005020
2	*id.*	15	2.217	894	0.08123	0.0024187	0.0000005592
3	*id.*	78.12	2.217	339	0.21425	0.0009171	0.0000014749
4	*id.*	86.56	2.217	316.35	0.22955	0.0008580	0.0000015773

Deuxième série de tubes de $0^{m},00183$ *de diamètre.*

PREMIER TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... $0^{m}.10$.

Nos des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par secondes.
1	7 janv. 1814.	0 $\frac{1}{2}$	1.7900	1249	0.08426	0.0029799	0.0000002223
2	*idem.*	*id.*	1.5905	1860.66	0.10184	0.0027746	0.0000002687
3	*id.*	*id.*	1.3905	1651.50	0.11734	0.0027547	0.0000003095
4	*id.*	*id.*	1.190	1419	0.13354	0.0028940	0.0000003523
5	13 janvier.	3 $\frac{1}{2}$	0.992	1116	0.16967	0.0026765	0.0000004476
6	7 jan.	0 $\frac{1}{2}$	0.992	1163	0.16294	0.0027805	0.0000004299
7	5 janv.	6	0.791	753.40	0.25153	0.0022590	0.0000006636
8	*id.*	*id.*	0.594	575	0.32949	0.0022964	0.0000008693
9	*id.*	*id.*	0.397	396.66	0.47774	0.0023697	0.0000012605

II^{e} TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* $0^{m}.15$.

1	19 janv. 1814.	5	1.7900	1330.25	0.14245	0.0026438	0.0000003758
2	*id.*	*id.*	1.5905	1193.25	0.15917	0.0026690	0.0000004198
3	*id.*	4 $\frac{1}{4}$	1.3905	1035	0.18309	0.0026480	0.0000004830
4	*id.*	*id.*	1.1900	896.33	0.21142	0.0026796	0.0000005578
5	13 janvier.	3 $\frac{1}{4}$	0.5940	427.00	0.44380	0.0025574	0.0000011709
6	*id.*	*id.*	0.3970	297.80	0.63634	0.0026686	0.0000016789

Suite de la deuxième série de tubes.

III^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 20.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4ln}$.	Produit de l'écoulement par secondes.
1	3 février 1814.	4	1.7900	1084	0.17471	0.0028743	0.0000004609
2	*idem.*	*id.*	1.5905	922.25	0.20547	0.0027505	0.0000005421
3	*id.*	*id.*	1.3905	785.33	0.24130	0.0026790	0.0000006366
4	20 janv. 1814.	5	1.190	606	0.31271	0.0024718	0.0000008250
5	*id.*	*id.*	0.992	509.25	0.37204	0.0024359	0.0000009816
6	*id.*	*id.*	0.594	321.75	0.58897	0.0025697	0.0000015540
7	*id.*	*id.*	0.397	223.50	0.84789	0.0026704	0.0000023271

IV^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* 0^m 25.

1	9 février 1814.	2	1.790	865.66	0.21891	0.0028655	0.0000005776
2	*id.*	*id.*	1.5905	706	0.26841	0.0026319	0.0000007082
3	*id.*	*id.*	1.3905	606.66	0.31237	0.0025855	0.0000008241
4	*id.*	*id.*	1.1900	510.66	0.37109	0.0025444	0.0000009791
5	2 février.	*id.*	0.992	421.60	0.44948	0.0025200	0.0000011858
6	*id.*	*id.*	0.791	319	0.59405	0.0023912	0.0000015674
7	*id.*	*id.*	0.594	256	0.74024	0.0025496	0.0000019532
8	*id.*	*id.*	0.397	185	1.02330	0.0027630	0.0000027028

Suite de la deuxième série de tubes.

V^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... o^m 30.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par secondes.
1	10 févr. 1814.	2	1.7900	675.11	0.28070	0.0026835	0.0000007406
2	*idem.*	*idem.*	1.5905	554.25	0.34190	0.0024795	0.0000009021
3	*id.*	*id.*	1.3905	465.66	0.40695	0.0023828	0.0000010738
4	*id.*	*id.*	0.1900	388	0.48841	0.0023253	0.0000012887
5	*id.*	*id.*	0.992	327	0.57951	0.0023454	0.0000015291
6	*id.*	*id.*	0.791	252.50	0.75050	0.0022713	0.0000019802
7	*id.*	*id.*	0.594	203	0.93361	0.0028569	0.0000024630
8	*id.*	*id.*	0.397	154.10	1.22970	0.0027613	0.0000032446
9	*id.*	*id.*	0.200	108.33	1.74910	0.0038540	*

VI^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* o^m 35.

1	16 févr. 1814.	4 $\frac{1}{2}$	1.7900	581.50	0.32589	0.0026967	0.0000008598
2	*id.*	*id.*	1.5905	499	0.37976	0.0026044	0.0000010200
3	*id.*	*id.*	1.3905	430	0.44070	0.0025670	0.0000011628
4	*id.*	*id.*	1.190	352.66	0.53053	0.0024600	0.0000014188
5	*id.*	*id.*	0.992	301.66	0.62820	0.0025243	0.0000016575
6	*id.*	*id.*	0.791	241.00	0.79100	0.0025291	0.0000020748
7	*id.*	*id.*	0.594	186	0.01880	0.0025993	0.0000026882
8	*id.*	*id.*	0.397	138	1.37320	0.0028855	*

Suite de la deuxième série de tubes.

VII^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 05.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $\mathcal{E}\frac{D\lambda}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	2 mai 1814.	$10\frac{3}{12}$	1.787	3588.66	0.05280	0.0023824	0.0000001393
2	*idem.*	*idem.*	1.588	2732	0.06936	0.0020402	0.0000001830
3	*id.*	*id.*	1.388	2364	0.08016	0.0020198	0.0000002115
4	*id.*	*id.*	1.188	2064	0.09181	0.0020134	0.0000002422
5	5 mai.	$13\frac{9}{10}$	0.992	1568.33	0.12083	0.0018319	0.0000003188
6	*id.*	*id.*	0.791	1123	0.16874	0.0016836	0.0000004452

VIII^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 30.

1	11 mars 1814.	12	1.787	537.33	0.35268	0.0021395	0.0000009305
2	*id.*	*id.*	1.588	457.25	0.41443	0.0020488	0.0000010934
3	*id.*	*id.*	1.388	391.33	0.48425	0.0020061	0.0000012776
4	*id.*	*id.*	1.188	331.66	0.57138	0.0019864	0.0000015075
5	*id.*	*id.*	0.992	275.33	0.68827	0.0019748	0.0000018160

IX^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube.....* 0^m 35.

1	11 juin. 1814.	32	1.787	312	0.60738	0.0014493	0.0000016025
2	*idem.*	$31\frac{1}{2}$	1.588	276	0.68660	0.0014394	0.0000018115
3	*id.*	$33\frac{1}{2}$	1.388	238.66	0.79403	0.0014273	0.0000020950
4	*id.*	33	1.188	210	0.90241	0.0014673	0.0000023810
5	*id.*	36	0.992	177.50	1.06760	0.0014853	0.0000028169
6	*id.*	35	0.594	132	1.43560	0.0018447	*
7	*id.*	36	0.397	116	1.63360	0.0024255	*
8	*id.*	$40\frac{1}{2}$	0.200	86	2.20350	0.0035694	*

Suite de la deuxième série de tubes.

X^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 25.

N^os des expér.	DATES des observations.	DEGRÉS de tempér.	LONGUEURS du tube.	NOMBRE de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	VITESSE d'écoulem. u.	VALEURS du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	PRODUIT de l'écoulement par secondes.
1	14 juin 1814.	36	1.787	386	0.49094	0.0012807	0.0000012953
2	*idem.*	*idem.*	1.588	334	0.56737	0.0012471	0.0000014970
3	*id.*	*id.*	1.388	288.50	0.65685	0.0012324	0.0000017331
4	*id.*	*id.*	1.188	247.50	0.76567	0.0012353	0.0000020202
5	*id.*	37	0.992	217	0.87328	0.0012970	0.0000023041
6	*id.*	38	0.791	188	1.00799	0.0014092	0.0000026595
7	*id.*	*id.*	0.594	161.66	1.17320	0.0016137	*
8	*id.*	38 $\frac{1}{2}$	0.397	137	1.38320	0.0020938	*

XI^e TABLEAU. *Charge au dessus de l'orifice du tube.....* 0^m 15.

1	21 juin 1814.	36 $\frac{1}{2}$	1.188	415.33	0.45627	0.0012437	0.0000012038
2	*id.*	45	0.397	178	1.06460	0.0015951	*

XII^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 05.

1	21 juin 1814.	40	1.787	1962	0.09658	0.0013050	0.0000002548
2	24 juin.	38	1.388	1624	0.11669	0.0013874	0.0000003078
3	*id.*	37	1.188	1302	0.13900	0.0013609	0.0000003840
4	*id.*	*id.*	0.992	1067.33	0.17656	0.0012820	0.0000004658

Suite de la deuxième série de tubes.

XIII^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 20.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu^2}$.	Produit de l'écoulement par seconde.
1	7 juillet 1814.	21 $\frac{1}{3}$	1.787	656	0.28888	0.0017453	0.0000007622
2	*idem.*	*idem.*	1.588	556	0.34088	0.0016608	0.0000008993
3	*id.*	*id.*	1.388	473.33	0.40036	0.0016176	0.0000010587
4	*id.*	*id.*	1.188	396,66	0.47774	0.0015842	0.0000012605
5	*id.*	*id.*	0.992	329.33	0.57542	0.0015748	0.0000015182
6	*id.*	*id.*	0.791	262.00	0.72330	0.0015712	0.0000019083
7	*id.*	*id.*	0.594	214	0.88553	0.0017089	0.0000023364
8	*id.*	*id.*	0.397	162	1.16979	0.0019356	*

XIV^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 06.

1	9 juillet 1814.	21 $\frac{1}{4}$	1.787	2191	0.08649	0.0017385	0.0000002282
2	*id.*	*id.*	1.588	1752	0.10816	0.0015700	0.0000002854
3	*id.*	*id.*	1.188	1253	0.15124	0.0015009	0.0000003990
4	*id.*	99 $\frac{1}{2}$	1.388	672	0.31410	0.0068897	0.0000007440

XV^e TABLEAU. *Charge au-dessus de l'orifice du tube....* 0^m 06.

1	10 juill. 1814.	22 $\frac{3}{4}$	1.787	2114	0.08964	0.0016873	0.0000002365
2	*id.*	24	1.787	2060	0.09199	0.0016442	0.0000002427
3	*id.*	37 $\frac{1}{2}$	1.787	1636	0.11583	0.0013058	0.0000003056
4	*id.*	46 $\frac{3}{4}$	1.787	1372	0.13812	0.0010951	0.0000003644
5	*id.*	61 $\frac{1}{3}$	1.787	1123	0.16874	0.0008963	0.0000004452
6	*id.*	84	1.787	910	0.20824	0.0007263	0.0000005494

Suite de la deuxième série de tubes.

XVI^e TABLEAU.

Charge au-dessus de l'orifice du tube..... 0^m 06.

N^os des expér.	Dates des observations.	Degrés de tempér.	Longueurs du tube.	Nombre de secondes employées pour remplir un $\frac{1}{2}$ litre.	Vitesse d'écoulem. u.	Valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$.	Produit de l'écoulement par secondes.
1	26 nov. 1814.	$13\frac{3}{4}$	1.388	2277	0.08322	0.0023399	0.0000002196
2	*idem.*	$26\frac{1}{2}$	1.388	1710	0.11082	0.0017572	0.0000002923
3	*id.*	33	1.388	1474	0.12847	0.0015157	0.0000003389
4	*id.*	68	1.388	850	0.23110	0.0008426	0.0000006097
5	*id.*	$93\frac{1}{2}$	1.388	668	0.28368	0.0006864	0.0000007485

§ III.

Observations sur les expériences précédentes. Phénomènes qu'elles manifestent.

En déduisant des expériences, dont nos tableaux offrent les résultats, les valeurs du premier membre $g\frac{Dh}{4lu}$ de la formule générale du mouvement uniforme, nous fûmes d'abord frappés de la presqu'identité de ces valeurs pour des longueurs de tubes, et pour des vîtesses d'écoulement qui étaient très-différentes.

Ainsi l'on voit que sous des charges d'eau de 5 et de 10 centimètres, tableaux I et II de la première série, la longueur des tubes ayant varié de 2^m,223 à 0^m,728, et les vîtesses

d'écoulement de $0^{m},045$ à $0^{m},277$ par seconde, les expériences ont fourni des valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$, à très-peu-près constantes. Mais lorsque la longueur du tube mis à l'épreuve s'est trouvée moindre que $0^{m},728$, la fraction décimale qui représente la valeur numérique de ce terme est devenue d'autant plus grande que le tube est devenu plus court et les vîtesses plus considérables.

Les tableaux suivans donnent lieu à la même observation; d'où il suit que toutes nos expériences se divisent naturellement en deux classes; les unes, faites sur des tubes dont les longueurs sont au-delà de certaines limites, donnent pour $g\frac{Dh}{4lu}$ une valeur constante; les autres, faites sur des tubes dont les longueurs sont en-deça de ces limites (et que nous avons distinguées par un astérisque dans chacun de nos tableaux), donnent à ce terme des valeurs variables d'une observation à l'autre.

Ainsi, pour les expériences comprises dans la première classe, les seules qui feront l'objet spécial de ce Mémoire, la formule générale du mouvement uniforme se réduit à $g\frac{Dh}{4lu} = a$; la partie de la force retardatrice proportionnelle au carré de la vîtesse d'écoulement, c'est-à-dire celle que l'on a supposée provenir des aspérités de la paroi du tube, disparaît donc de cette formule, de sorte que la force retardatrice qui contre-balance l'action de la gravité est exprimée ici par un seul terme proportionnel à la première puissance de la vîtesse. Mais si le terme proportionnel au carré de la vîtesse disparaît ici de l'expression de la force retardatrice,

c'est par une cause différente de celle à laquelle Coulomb a attribué cette disparition dans les expériences dont il s'est occupé.

En effet les puissances de la vîtesse qui sont au-dessus de la première, décroissant d'autant plus rapidement que la vîtesse est elle-même exprimée par un nombre fractionnaire plus petit, Coulomb observa que, dans le cas d'une vîtesse très-petite, les puissances de cette vîtesse, supérieures à la première, pouvaient être négligées par rapport à celle-ci ; ce qui s'appliquait immédiatement à ses expériences, car la vîtesse moyenne du disque qu'il faisait osciller était toujours au-dessous d'un millimètre par seconde (1).

Or si l'on prend les valeurs du coëfficient a, déduites de nos deux premiers tableaux, on voit qu'elles conviennent à des vîtesses d'écoulement qui sont près de trois cents fois plus grandes que celles observées dans les expériences de Coulomb (II^e^ tableau, expér. n° 10). Les secondes puissances de ces vîtesses ne pourraient donc être négligées par rapport aux premières puissances ; ainsi ce n'est pas, comme dans les observations de ce physicien, à cause de leur extrême petitesse que les carrés de la vîtesse disparaissent de la formule générale du mouvement uniforme. C'est au reste ce que confirme l'examen des tableaux suivans.

La formule du mouvement uniforme réduite à ces deux termes $g\frac{Dh}{4lu}=a$, convient essentiellement au mouvement linéaire le plus simple puisqu'elle exprime la condition du

(1) Mémoires de l'Institut, sciences Mathématiques et physiques, tome III, page 246 et suiv.

mouvement uniforme d'un petit cylindre ou d'un filet fluide qui se meut sur des surfaces parfaitement polies sans éprouver d'autres résistances que celles provenant de l'adhésion entre la surface cylindrique de ce filet, et la couche fluide qui mouille les parois du tuyau.

Ainsi, sans nous arrêter pour le moment à rechercher si le mouvement est également linéaire lorsque l'expression de la force retardatrice contient des termes affectés de puissances de la vîtesse supérieures à la première, nous appellerons *mouvement linéaire proprement dit,* celui pour lequel la force retardatrice se réduit au seul terme de la formule générale proportionnel à la simple vîtesse.

En examinant les V^{e}, VI^{e} et VII^{e} tableaux de notre première série, sous des charges d'eau de 25, 30 et 35 centimètres, on voit que le mouvement cesse d'être *linéaire proprement dit* pour des tubes dont les longueurs sont plus grandes que celles des tubes pour lesquels la linéarité cesse de se manifester dans les tableaux précédens où la charge d'eau est moindre. Ainsi le coëfficient a n'est plus constant dans les V^{e}, VI^{e} et VII^{e} tableaux, lorsque la longueur du tube est descendue au-dessous de $1^{m},219$, tandis que pour faire disparaître la linéarité du mouvement sous des charges moindres, il faut que la longueur du tube descende au-dessous de $0^{m},728$.

Les tableaux V, VI, VIII, IX et X, des expériences de la deuxième série, faites sous des charges de 30, 35 et 25 centimètres d'eau, étant comparés aux tableaux I, II, III, IV, VII, XI et XII, qui comprennent les expériences faites sous des charges de 5, 10, 15 et 20 centimètres, donnent lieu à la même remarque.

De plus, si l'on compare entre elles les expériences faites sous une même charge d'eau avec des tubes de différens diamètres, on voit que la limite de la longueur du tube à laquelle le mouvement du fluide devient linéaire s'éloigne d'autant plus de l'origine du tuyau que son diamètre est plus grand; par exemple, sous une charge d'eau de 10 centimètres, le mouvement cesse d'être linéaire dans un tube de la première série qui a 0,728 de longueur tandis que, dans la deuxième série, le mouvement est encore linéaire sous la même charge pour une longueur de tube au-dessous de $0^{m},397$. Le VI^{e} tableau de la première série et le V^{e} de la seconde, comparés entre eux, constatent le même fait.

Lorsque je fis mes premières expériences au commencement de 1814, la température ne s'élevait pas au-dessus des cinq ou six premiers degrés de l'échelle thermométrique et je n'aperçus que de très-légères différences dans les valeurs du coëfficient a. Mais, en continuant ces expériences, je remarquai, au mois d'avril suivant, que la température de l'eau s'étant élevée à treize degrés, la valeur de ce coëfficient était devenue beaucoup moindre, tellement qu'à zéro de température les expériences du III^{e} tableau de la première série donnent $0^{m},0037855$ pour l'expression de a, tandis que l'on trouve cette valeur de 0,0026283 lorsque la température s'est élevée à treize degrés. Ces différences me firent craindre qu'il ne se fût glissé quelque erreur dans le calcul de ces quantités, et j'en entrepris la vérification; mais en considérant que, pendant l'intervalle de temps qui s'était écoulé depuis le 19 mars, date des expériences du IV^{e} tableau, jusqu'au 19 avril, date

des expériences du V^e^, la température de l'eau s'était élevée de quatre degrés à quatorze, je fus porté à attribuer à cette élévation de température la différence trouvée entre les valeurs de a à ces deux époques ; conjecture qui me parut suffisamment confirmée par la remarque que la plus grande valeur de ce coëfficient, trouvé de 0,0037855, avait été déduite d'expériences faites le 4 mars, précisément à la température de la glace fondante.

On voit par la comparaison des V^e^ et VIII^e^ tableaux de la deuxième série de tubes, que sous une température de deux degrés la valeur moyenne de a est exprimée par le nombre 0,0025132, tandis qu'elle est exprimée par le nombre 0,0020311 à douze degrés du thermomètre.

Les V^e^, VI^e^, VII^e^, VIII^e^ et X^e^ tableaux de la première série de tubes, les VII^e^, VIII^e^, et XIII^e^ tableaux de la deuxième, contiennent les résultats d'expériences faites pendant les mois d'avril, mai, et juillet 1814, à la température naturelle de l'atmosphère, qui varia pendant cet intervalle de onze degrés à vingt-un du thermomètre centigrade.

Un simple coup-d'œil jeté sur ces tableaux confirme le phénomène que nous venons d'indiquer. Il était important et facile tout-à-la-fois de le constater de la manière la plus positive en élevant artificiellement la température de l'eau mise en expérience. J'immergeai en conséquence dans le réservoir supérieur de notre appareil un cylindre de cuivre rempli de charbons allumés semblable à ceux que l'on emploie ordinairement pour échauffer l'eau d'un bain.

Les IX^e^ et XI^e^ tableaux de la première série, les IX^e^, X^e^, XI^e^ et XII^e^ tableaux de la seconde, comprennent des expériences faites sur l'écoulement de l'eau ainsi échauffée depuis trente-deux jusqu'à quarante-cinq degrés ; elles font voir

que la valeur du coëfficient a devient toujours moindre à mesure que la température s'élève.

La capacité de la cuvette supérieure de notre appareil n'ayant pas permis d'en échauffer l'eau au-dessus de quarante-cinq degrés à l'aide du cylindre rempli de charbons allumés qui y était plongé, j'ai substitué à cette cuvette une bouilloire flamande dont le robinet, garni d'un linge, comme celui de notre premier appareil, entretenait constamment plein d'eau chaude un vase cylindrique de cuivre de 76 millimètres de diamètre, et de 8 centimètres de hauteur (Planche 3, fig. 1, 2, 3), lequel a été également substitué au réservoir cylindrique de fer-blanc employé jusqu'ici (Planche 2, fig. 1, 2, 3). Une lampe à esprit-de-vin, que l'on pouvait approcher ou éloigner à volonté du fond de ce nouveau vase, fournissait le calorique nécessaire pour compenser celui qui se dissipait dans l'atmosphère par les parois extérieures du vase pendant la durée de l'expérience.

Tout étant ainsi disposé, l'eau fut élevée de onze à quatre-vingt-six degrés dans une suite d'observations que présente le XIII^e^ tableau de la première série. Le tube employé avait $2{,}217^{m}$ de longueur, et la charge resta constamment de 6 centimètres. On a trouvé 0,0026947, et 0,0008580 pour les expressions du coëfficient a, correspondantes à onze et à quatre-vingt-six degrés de température.

Le XV^e^ tableau de la seconde série indique de même que la valeur de a, qui était de 0,0016873 à vingt-deux degrés du thermomètre, est descendue à 0,0007263 lorsque l'eau a été élevée à quatre-vingt-quatre degrés.

L'influence de la température sur l'expression de l'adhé-

rence se trouvant ainsi constatée dans le cas du mouvement linéaire, il convenait d'examiner si elle se manifestait de la même manière lorsque les longueurs du tube étaient au-dessous de la limite où ce mouvement linéaire semble commencer à s'établir, il suffisait pour cela de comparer les valeurs du terme $g\frac{Dh}{4lu}$ déduites d'observations faites à différentes températures sur l'écoulement par des tubes de notre première série dont la longueur serait au-dessous de 728 millim.

Voici les résultats de cette comparaison pour les III^e^, IV^e^ et V^e^ tableaux, en ne la faisant porter que sur les tuyaux de 25 centimètres de longueur, qui sont les plus courts de ceux mis en expérience.

1° Sous une charge de 15 centimètres, la température étant celle de la glace fondante, le terme $g\frac{Dh}{4lu}$ de la formule a été trouvé de 0,0056779;

2° Sous une charge de 20 centimètres, la température étant à quatre degrés, ce terme a été trouvé de 0,0059263;

3° Enfin, sous une charge de 25 centimètres, la température étant à treize degrés trois quarts, ce terme a été trouvé de 0,0060015.

Ainsi, en considérant d'abord les valeurs de a sous le rapport des charges d'eau correspondantes, on voit qu'elles augmentent avec cette charge et par conséquent avec la vîtesse de l'écoulement.

En les considérant ensuite sous le rapport des températures, on voit que cette circonstance n'exerce sur ces valeurs qu'une très-légère influence puisqu'à quatre degrés de température on trouve $a = 0,00592$, et à quatorze degrés

$a = 0{,}00600$, tandis que le mouvement étant linéaire, quatorze degrés de différence dans la température de l'eau ont fait varier le coëfficient a de 0,00378 à 0,00262 (tableaux III et V). Ces remarques s'appliquent également aux expériences de notre seconde série de tubes, faites sur des tubes dont la longueur est au-dessous de la limite du mouvement linéaire.

Si l'on examine séparément et que l'on compare entre eux les tableaux d'expériences faites sur nos deux séries de tubes, on remarque que, toutes choses égales d'ailleurs, et sous les mêmes températures, les coëfficiens a ont des valeurs différentes, mais que ces valeurs se rapprochent d'autant plus que la température est plus élevée.

Ainsi, en comparant entre eux le III^e^ tableau de la première série et le I^er^ tableau de la seconde, on voit qu'à zéro de température la valeur de a est exprimée par 0,00377 pour un tube de $0{,}00296^{m}$ de diamètre, et par 0,00297 pour un tube dont le diamètre est de $0{,}00183^{m}$. La différence entre ces deux expressions de a est parconséquent de $0{,}0008^{m}$.

Comparant de même le XIII^e^ tableau de la première série et le XV^e^ de la seconde, on trouve dans l'un que la valeur de a, correspondante à quatre-vingt-six degrés, est de 0,000858, et dans l'autre que cette valeur, correspondante à quatre-vingt-quatre degrés, est de 0,000726, expressions qui ne diffèrent entre elles que de 0,000132 ; c'est-à-dire d'une quantité environ six fois moindre que celle dont nous venons de remarquer que ces valeurs différaient lorsque la température de l'eau était indiquée par les degrés inférieurs de l'échelle thermométrique.

La loi de variabilité suivant laquelle se présentent les

coëfficiens a, par rapport aux degrés de température pour lesquels ils sont calculés, ne peut avoir lieu qu'autant que les différences de ces coëfficiens, d'un degré de température à l'autre pour le même tube, deviennent moindres à mesure que la température s'élève. C'est aussi ce qu'il est facile de remarquer à la simple inspection de nos tableaux. En effet prenant pour exemple les expériences n° 1, du III^e^, du VIII^e^ et du IX^e^ tableau de la première série où la longueur du tube mis à l'épreuve est de $2{,}217^{m}$, et la charge d'eau de 15 centimètres, on trouve pour $0{,}14^{deg.}$ et 36 degrés du thermomètre, les valeurs correspondantes du coëfficient a, 0,0037787, 0,0025024, 0,0015827.

Or, pour une différence de quatorze degrés de température, la différence entre les deux coëfficiens est de 0,0012763, ou de 0,0000912 par degré; tandis que, pour une différence de vingt-deux degrés, celle entre la valeur du deuxième et du troisième coëfficiens est de 0,0009197, ou de 0,0000416 par degré.

Toutes les expériences du XIII^e^ tableau de la première série, et toutes celles du XV^e^ tableau de la seconde, conduisent au même résultat.

Au surplus tous les tableaux d'expériences de ces deux séries, comparés entre eux, font connaître que la loi de variabilité qui lie les degrés de température de l'eau aux coëfficiens a, se manifeste avec d'autant plus de régularité que les tubes mis à l'épreuve ont un diamètre moindre.

L'influence de la température sur la vîtesse d'écoulement par des tubes capillaires, qui, comme on vient de le voir, cesse de se manifester lorsque ces tubes sont réduits à des

ajutages très-courts, ne se manifeste pas davantage, du moins assez sensiblement pour avoir été observée, lorsque le mouvement a lieu dans des tuyaux très-longs et d'un diamètre considérable. Nous ne connaissons en effet aucune expérience authentique par laquelle il soit prouvé que sous la même charge, une même conduite fournisse un plus grand volume d'eau pendant l'été que pendant l'hiver.

Les conduites principales qui amènent à Paris les eaux du bassin de la Villette, dans plusieurs réservoirs d'une capacité connue, donnant la facilité de fixer par des observations l'opinion des physiciens à cet égard, j'ai fait mesurer, à difrentes époques de l'année, le produit de la conduite qui porte les eaux au sommet de la fontaine du boulevard Bondi.

La première expérience a été faite le 18 mai 1813 à une température de treize degrés; la dernière, le 20 janvier 1815, à zéro de température.

La longueur totale de la conduite est de $1318^{m}\,93^{c}$.

Son diamètre est de 25 centimètres, sans aucune inégalité dans tout son développement.

La différence de niveau entre la surface du réservoir supérieur de prise d'eau et l'orifice inférieur par lequel l'eau sort à gueule-bée, était de $5^{m}\,82^{c}$ lors de la première observation.

Une tranche horizontale de 10 centimètres d'épaisseur, prise dans le bassin circulaire au milieu duquel le château-d'eau est construit, contient $32,\frac{291}{1000}$ mètres cubes.

Cette tranche a été remplie d'eau en $15'\,21''$, ou en $921''$.

Il résulte de ces données que la vîtesse moyenne de l'eau dans la conduite, était 0,714 millimètres par seconde. Le terme $g\frac{Dh}{4lu}$ de la formule générale du mouvement uniforme

étant calculé à l'aide de ces nombres, se trouve exprimé par 0,0037984 à la température de treize degrés.

Dans la seconde expérience du 20 janvier 1815, la charge sur l'orifice inférieur du tuyau fut observée de $5,565^{m}$.

La tranche du bassin circulaire de 10 centimètres d'épaisseur, qui contient $32,285^{m}$ cubes, a été fournie en 986″, ce qui donne une vîtesse moyenne de 0,668 millimètres, et 0,0038689 pour le terme $g\frac{Dh}{4lu}$, la température étant à zéro.

On voit, en comparant ces deux observations, qu'une différence de treize degrés dans la température n'en produit qu'une représentée par 0,0000705 dans l'expression du terme $g\frac{Dh}{4lu}$, tandis que lorsque le tube est capillaire cette différence de température, prise entre les mêmes points de l'échelle thermométrique, en produit une de 0,001 1986 entre les expressions correspondantes du terme $g\frac{Dh}{4lu} = a$; ainsi les observations qui viennent d'être rapportées démontrent que la température n'influe pas sensiblement sur la vîtesse de l'écoulement de l'eau, lorsque cet écoulement a lieu par un tuyau d'un grand diamètre.

L'examen et la discussion que nous venons de faire des tableaux de nos expériences nous ont conduits à la connaissance des phénomènes suivans :

1° *Sous une charge quelconque, lorsque le tube capillaire par lequel l'écoulement a lieu est parvenu à une certaine longueur, le terme proportionnel au carré de la vîtesse disparaît de la formule générale du mouvement uniforme.*

2° *La limite de la longueur du tube à laquelle le carré de la vîtesse disparaît de la formule générale du mouvement uniforme, est d'autant plus éloignée de l'origine de ce tube, que les charges d'eau au-dessus de son orifice sont plus considérables.*

3° *Toutes choses égales d'ailleurs, la limite de la longueur du tube à laquelle le mouvement du fluide devient linéaire, est encore d'autant plus éloignée de l'origine du tuyau que son diamètre est plus grand.*

4° *Lorsque le mouvement de l'eau dans les tubes est devenu linéaire, les variations de la température exercent sur les produits de l'écoulement une influence telle, que dans l'intervalle de* $0^{deg.}$ *à* 86 *degrés du thermomètre centigrade, ces produits varient dans le rapport de* 1 *à* 4.

5° *En-deçà de la limite à laquelle le mouvement commence à être linéaire, et lorsque, par la diminution de sa longueur, le tube se trouve réduit à un simple ajutage, le produit de l'écoulement ne varie que dans le rapport de* 5 *à* 6 *environ pour un intervalle thermométrique compris entre* $0^{deg.}$ *et* 87 *degrés.*

6° *Le coëfficient de la première puissance de la vîtesse qui entre dans l'expression de la force retardatrice du mouvement linéaire, varie avec les diamètres des tubes mis en expérience.*

7° *Les coëfficiens de la vîtesse qui pour des tubes de différens diamètres ont des expressions différentes à une*

température donnée, approchent d'autant plus de l'identité que la température est plus haute.

8° *Quel que soit le diamètre d'un tube capillaire, les variations dans les produits de l'écoulement d'un degré de température à l'autre, sont d'autant plus considérables que la température est plus basse.*

9° *La loi de variabilité qui exprime les rapports des produits de l'écoulement aux degrés de température, se manifeste avec d'autant plus de régularité que les observations ont lieu sur des tubes d'un diamètre plus petit.*

10° *La température qui exerce une si grande influence sur les produits de l'écoulement uniforme, par les tubes capillaires, cesse d'exercer une influence sensible lorsque le mouvement a lieu dans des canaux ouverts ou des tuyaux de conduite ordinaires, dont les dimensions sont hors des limites de la capillarité.*

Tels sont les principaux phénomènes que nous allons essayer d'expliquer dans la deuxième partie de ce Mémoire.

SECONDE PARTIE.

THÉORIE DU MOUVEMENT DE L'EAU DANS LES TUBES CAPILLAIRES A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

§ I^er.

Exposé préliminaire des travaux entrepris jusqu'ici sur cette matière. Discussion et explication de nos expériences.

Avant de proposer les explications des différens phénomènes à la connaissance desquels j'ai été conduit, il convient d'exposer succinctement les travaux des physiciens qui peuvent se rattacher à la question, et fixer par-là l'état où elle se trouvait lorsque j'ai commencé à m'en occuper.

Tous ceux auxquels l'art des expériences est familier, et qui savent combien il est important d'en recueillir et d'en discuter un grand nombre pour en tirer des conclusions légitimes, savent aussi que, lorsqu'on est engagé dans une recherche expérimentale quelconque, l'intérêt avec lequel on s'y livre va croissant à mesure que les faits s'accumulent, de sorte qu'on se trouve ordinairement entraîné à multiplier ses propres observations, plutôt qu'à rechercher si elles ont ou n'ont pas été déja faites. Cette marche naturelle de notre esprit est au reste plus favorable aux progrès de la science qu'elle ne le paraît au premier aperçu, car la science ne s'accroît pas toujours de ce que nous apprenons de nouveau, mais elle s'accroît de ce que nous apprenons de certain; et lorsqu'il s'agit de phénomènes sur lesquels l'attention géné-

rale ne s'est point encore fixée, le degré de certitude qu'on acquiert sur leur existence dépend toujours plus ou moins du nombre d'observations qui les constate.

Les premières qui aient fait apercevoir l'influence de la température sur les produits de l'écoulement des fluides par des tubes d'un petit diamètre, sont dues au chevalier Dubuat. Quoique son ouvrage ait été consulté par tous ceux que cette matière intéresse, il ne paraît pas que les observations dont il s'agit y aient été remarquées; ce qui s'explique d'une part, parce que des expériences sur le mouvement de l'eau dans des tubes capillaires ont semblé jusqu'à-présent n'offrir qu'un faible intérêt pour les besoins de la pratique, et, d'autre part, parce que la formule empirique de l'auteur ne satisfaisant pas à ce cas particulier, il a glissé légèrement sur les phénomènes qu'il présente.

Les expériences que l'on trouve rapportées dans les Principes d'hydraulique, se réduisent en effet à un très-petit nombre, savoir : cinq sur l'eau de pluie à trois, trente, trente-six, cinquante-cinq et cinquante-six degrés de température, et trois autres sur l'eau salée à trois, dix et onze degrés, mesurés au thermomètre de Réaumur (1).

« On voit, dit l'auteur, en terminant le chapitre qui con-
« tient le tableau de ces expériences, que l'eau se meut d'au-
« tant moins vîte qu'elle s'approche davantage du terme de
« la congélation; et qu'au contraire elle coule beaucoup plus
« vîte à mesure qu'elle s'en éloigne. L'eau salée, ajoute-t-il,
« coule moins vîte que l'eau douce à la même température. »

Après avoir indiqué le phénomène par ce peu de mots,

(1) Principes d'Hydraulique, par M. le chevalier Dubuat, tom. 2, p. 9, édition de 1816, augmentée d'un volume où il est traité de la Pyrodynamique. Cette édition se trouve chez Firmin Didot.

Dubuat n'y revient plus dans le reste de son ouvrage. Nous ferons remarquer au surplus qu'outre les causes qui ont pu en détourner son attention, les tubes de verre qu'il employa avaient un trop grand diamètre, et trop peu de longueur, pour rendre le fait dont il s'agit aussi saillant qu'il le devient lorsque les tubes sont plus longs et plus capillaires.

Dix ans après la publication des principes d'hydraulique du chevalier Dubuat, la simple indication qu'il avait donnée de l'influence de la température sur le mouvement des fluides dans de petits tubes, devint l'occasion de recherches plus étendues sur la même matière. Elles furent entreprises à Prague, en 1796, par M. le professeur Gerstner qui en a publié les résultats en 1800 dans un Mémoire dont notre confrère, M. Arago, m'a donné l'indication (1).

Comme l'appareil de M. Gerstner est très-simple, et qu'il peut être substitué avec avantage à celui dont je me suis servi, toutes les fois qu'on n'aura pas besoin d'une précision rigoureuse, je crois devoir en donner d'abord une courte description.

Le réservoir qui alimente l'écoulement est un vase cylindrique de fer-blanc, de 311 millimètres de haut, sur 132 de diamètre. Ce vase est contenu dans un autre de même forme et de même matière, dont la hauteur verticale et le rayon de la base excèdent de 8 millimètres les dimensions correspondantes du réservoir; de sorte qu'il reste entre le fond et les parois de ces deux cylindres, mis l'un dans l'autre, un espace de 8 millimètres que l'on remplit d'eau entretenue à un degré de température déterminé, afin de régler celle du

(1) Ce Mémoire est imprimé dans les Annales de Physique de Gilbert, tom. V, année 1800.

réservoir alimentaire. Ces deux vases concentriques sont percés, à leur partie inférieure, de deux orifices égaux unis entre eux par un petit tube de fer-blanc dans lequel s'ajustent les tubes plus ou moins longs qui servent à l'écoulement du fluide en expérience. Le réservoir qui le contient porte un couvercle bombé au milieu duquel est pratiquée une ouverture circulaire qui donne passage à la tige d'un flotteur. Cette tige est divisée en dixièmes de pouce du pied de Paris; ainsi la hauteur de la surface de l'eau dans le réservoir se trouve indiquée à chaque instant sur la tige du flotteur, par l'intersection de cette tige et du plan supérieur du couvercle. Maintenant si l'on admet que pendant l'écoulement la surface du fluide dans le vase demeure constamment horizontale, on conçoit que la vîtesse avec laquelle cette surface s'abaisse en un instant quelconque, étant multipliée par la section du vase, donne toujours un produit égal à celui de la section transversale du tube par la vîtesse d'écoulement du fluide au même instant. Pour connaître cette dernière vîtesse, il suffit donc de déterminer celle de l'abaissement de l'eau dans le réservoir. M. Gerstner y parvenait en observant le temps employé par la tige du flotteur à descendre de deux dixièmes de pouces consécutifs; divisant ensuite cet espace par le nombre de secondes employées à le parcourir, il obtenait une vîtesse moyenne qu'il supposait celle de la surface de l'eau lorsqu'elle correspondait à la moitié de l'espace dont le flotteur était descendu, c'est-à-dire lorsqu'elle correspondait à une hauteur donnée au-dessus de l'orifice; ainsi en divisant le produit de cette vîtesse et de la section horizontale du réservoir par la section transversale du tube, il assignait la vîtesse d'écoulement par ce tube, pour une charge d'eau déterminée.

Le simple énoncé de ce procédé suffit pour faire voir qu'il n'est qu'approximatif, tandis qu'en entretenant le réservoir constamment plein, et en recevant dans un étalon de mesure, le produit de l'écoulement, on parvient à une expression rigoureuse de la vîtesse uniforme avec laquelle il s'opère. Mais cette dernière méthode que j'ai suivie dans les expériences dont j'ai rendu compte, exige beaucoup plus de temps et un appareil plus compliqué que celui de M. Gerstner, qui conduit d'ailleurs avec une exactitude suffisante à la connaissance générale du phénomène.

Je ne crois pas devoir m'arrêter à rapporter les précautions que prit ce professeur pour mesurer le diamètre des tubes qu'il employa. Ce sont les mêmes procédés que ceux connus de tous les physiciens. Je dirai seulement que ces tubes étaient de verre et qu'ils furent choisis des mêmes dimensions que ceux de la même substance dont Dubuat s'était servi, afin de rendre, autant que possible, comparables entre elles leurs observations respectives. Je dois dire encore que M. Gerstner fit varier séparément les longueurs et les diamètres de ces tubes, afin d'isoler et de reconnaître l'influence de l'une ou de l'autre de ces dimensions. Enfin, voulant s'assurer des différences que l'état de l'eau pouvait apporter aux résultats de ces expériences, il les fit sur de l'eau distillée et sur de l'eau de rivière un peu trouble.

Ces résultats sont présentés dans huit tableaux dont chacun contient, dans une colonne séparée, les vîtesses d'écoulement observées pour le même tube au même degré de température sous des charges d'eau qui ont varié depuis 10 pouces $\frac{7}{10}$ jusqu'à $\frac{5}{10}$ de pouce. De dix à quarante degrés, terme au-delà duquel il n'a point été fait d'observations, les tem-

pératures varient de dix en dix degrés d'une colonne à l'autre dans chaque tableau, excepté pour les parties inférieures de l'échelle thermométrique où les expériences ont été faites à un degré, deux degrés et demi, et quatre degrés de température.

Le I^er^ et le II^e^ tableaux présentent les expériences faites avec un tube de $\frac{4}{5}$ de ligne de diamètre et de 33 pouces de longueur;

Le III^e^ et le IV^e^ tableaux contiennent celles faites avec un tube de même longueur et de 1 ligne $\frac{3}{5}$ de diamètre;

Le V^e^ tableau, celles avec un tube de $\frac{5}{6}$ de ligne de diamètre et long de 9 pouces $\frac{7}{10}$;

Le VI^e^ tableau, avec un tube de même longueur et de 1 ligne $\frac{3}{7}$ d'ouverture;

Le VII^e^, avec un tube de 7 pouces $\frac{9}{10}$ de longueur et de 1 ligne $\frac{2}{3}$ de diamètre;

Enfin le VIII^e^, avec un tube de 2 lignes $\frac{2}{5}$ d'ouverture et de 63 pouces de longueur.

Outre les colonnes qui présentent les vîtesses d'écoulement correspondantes à la même température sous des charges différentes, chaque tableau en contient une dernière où sont indiquées ces vîtesses calculées pour les diverses observations d'après la formule empirique de Dubuat, c'est-à-dire seulement en fonction de la charge d'eau, de la longueur et du diamètre du tube, sans égard à la température du fluide: comme il était aisé de le prévoir, l'application de cette formule aux cas observés, et les résultats de l'expérience ne présentent aucune analogie, premier fait que M. le professeur Gerstner semble avoir eu principalement en vue de constater. Mais comment la température influe-t-elle sur les

produits de l'écoulement? voici ce qui a été observé par cet habile physicien.

1° Les changemens qu'éprouvent les vîtesses d'écoulement par les variations de la température, sont plus considérables dans les tubes d'un plus petit diamètre que dans ceux d'un diamètre plus grand;

2° Ces changemens sont moins sensibles dans les grandes vîtesses que dans les petites;

3° Enfin l'influence de la température sur le produit de l'écoulement est d'autant plus considérable, que le degré de température approche davantage du terme de la congélation.

Ces trois phénomènes sont au nombre des dix dont j'ai fait l'énumération ci-dessus, et l'indication qui en est donnée par M. le Professeur de Prague, sert à confirmer les observations qui nous sont communes.

Les tableaux qu'il a dressés de ses expériences, prouvent au surplus que l'eau trouble de rivière et l'eau distillée se meuvent dans les mêmes tubes, sous les mêmes charges, et aux mêmes températures, avec des vîtesses sensiblement égales.

Quant à l'augmentation des produits de l'écoulement, à mesure que la température s'élève, M. Gerstner l'attribue à l'augmentation de la fluidité; d'où il conclut que l'élévation de la température peut servir à expliquer en partie l'accélération du mouvement des humeurs de différente nature qui circulent dans les vaisseaux capillaires des corps organisés, et sur-tout comment la végétation est plus active pendant l'été que pendant l'automne, et pendant l'hiver.

M. Gerstner termine son Mémoire en étendant cette explication aux variations que peut, selon lui, éprouver le mouvement de l'eau à diverses températures dans les tuyaux

de conduites d'un grand diamètre, dans les canaux artificiels et les rivières. Nous aurons bientôt l'occasion d'examiner jusqu'à quel point l'élévation de la température peut augmenter la fluidité de l'eau, et de rechercher comment cette augmentation de fluidité influe dans les phénomènes de l'écoulement par des tubes capillaires, mais auparavant nous ferons remarquer que la formule de Dubuat, la seule que M. Gerstner ait appliquée à ses expériences, ne pouvait le diriger dans une recherche de cette nature. Cette recherche exige en effet tout-à-la-fois l'application de la Théorie du mouvement linéaire des fluides, et des observations de Coulomb sur les lois de leur résistance. Or ce dernier travail est postérieur de plusieurs années à celui du professeur de Prague, et il n'a fait aucun usage de la Théorie du mouvement linéaire, quoiqu'elle fût connue depuis 1771. C'est en suivant les derniers progrès de la science que nous avons avons été conduits à observer un plus grand nombre de phénomènes, et à en donner une explication différente de celle que M. Gerstner en a donnée.

Nous allons les rappeler et les expliquer successivement.

PREMIER PHÉNOMÈNE.

Sous une charge quelconque, lorsque le tube capillaire par lequel l'écoulement a lieu est parvenu à une certaine longueur, le terme proportionnel au carré de la vitesse disparaît de la formule générale du mouvement uniforme.

EXPLICATION.

Rappelons-nous qu'en faisant, la gravité $= g$,

La hauteur ou charge d'eau au-dessus du centre de l'orifice du tube supposé horizontal $= h$,

La longueur de ce tube $= l$,

Son diamètre $= \mathrm{D}$,

La vîtesse uniforme d'écoulement $= u$,

a et b, deux coëfficiens qui doivent être déterminés par l'expérience.

Les conditions de l'écoulement uniforme sont exprimées généralement par cette formule :

$$g\,\frac{\mathrm{D}\,h}{4\,l} = a\,u + b\,u^2,$$

dans laquelle le premier membre représente la force accélératrice, et le second la force retardatrice dont le fluide éprouve l'action.

L'expression $g\,\frac{\mathrm{D}\,h}{4\,l}$ de la force accélératrice se déduit immédiatement des formules générales du mouvement linéaire des fluides qu'Euler a démontrées dans le XV^{e} volume des Nouveaux Commentaires de l'académie de Pétersbourg.

L'expression $a\,u + b\,u^2$ de la force retardatrice a, comme on sait, été donnée pour la première fois par Coulomb dans le tome III^{e} des Mémoires de la première Classe de l'Institut. L'un de ces termes, proportionnel à la première puissance de la vîtesse, représente la portion de résistance due à l'adhésion par laquelle le fluide en mouvement est retenu à la surface sur laquelle il glisse. L'autre terme, proportionnel au carré de la vîtesse, représente la résistance due aux aspérités dont cette surface est couverte.

Ces deux parties de la résistance qu'éprouve le fluide dans

son mouvement; sont indépendantes l'une de l'autre; car on peut concevoir qu'il glisse sur une surface parfaitement polie à laquelle il adhère plus ou moins fortement, de même qu'on peut concevoir qu'il se meut sur une surface couverte d'aspérités, avec laquelle il n'est susceptible de contracter aucune adhésion.

Si le mouvement du fluide pouvait avoir lieu sur des surfaces qui fussent en même temps parfaitement polies et tellement constituées qu'elles ne pussent être mouillées par ce fluide, il est évident qu'il ne serait soumis à aucune force retardatrice; l'action de la gravité n'étant alors contrebalancée par aucune autre, le mouvement ne parviendrait jamais à l'uniformité.

Cela posé, le phénomène dont nous nous occupons, consistant en ce que, pour une certaine longueur de tube, le terme proportionnel au carré de la vîtesse disparaît de la formule générale qui exprime les conditions de cette uniformité, il s'ensuit que, dans tous les cas où se phénomène se manifeste, la résistance au mouvement se réduit à celle qui provient de l'adhésion du fluide à la surface sur laquelle il glisse.

D'un autre côté, il est clair que si le mouvement des molécules fluides n'était pas exactement parallèle à cette surface, et que ces molécules la frappassent sous des angles quelconques, il naîtrait de ces chocs, plus ou moins obliques, une nouvelle résistance, laquelle devrait entrer aussi dans l'expression de la force retardatrice. Par conséquent, toutes les fois que les conditions du mouvement uniforme sont données par une équation où la force retardatrice se réduit à un seul terme proportionnel à la simple vîtesse, il faut

non-seulement que cette force retardatrice se réduise à celle qui provient de l'adhérence du fluide à la surface des parois entre lesquelles il est contenu, mais il faut encore que ce fluide se meuve parallèlement à cette surface, c'est-à-dire que son mouvement soit essentiellement linéaire, comme on le suppose dans le calcul de la force accélératrice qui le produit. Or l'existence simultanée de ces deux conditions, lorsque le tube a acquis une certaine longueur, s'explique naturellement par la contraction de la veine fluide et les modifications qu'elle subit dans les ajutages de figure quelconque.

En effet, quand la paroi verticale d'un réservoir rempli d'eau est percée d'un orifice, les molécules fluides qui affluent suivant différentes directions de l'intérieur du vase à tous les points de cet orifice, tendent à l'obstruer plus ou moins, d'où résulte la contraction de la veine fluide, telle que l'ont remarquée Newton, Poleni, Daniel Bernoulli, Michelotti, Bossut, Venturi, et généralement tous ceux qui se sont occupés d'hydraulique expérimentale.

Lorsque l'orifice par lequel l'écoulement a lieu est un polygone quelconque, la surface de la veine fluide présente une suite de nappes et d'arêtes de rebroussement qui rendent parfaitement sensible à la vue les effets produits par les mouvemens composés des filets fluides; mais, quand l'orifice est circulaire, et sur-tout quand son diamètre est peu considérable par rapport à la charge d'eau, ces nappes et ces arêtes se confondent en une surface annulaire dont toutes les sections normales sont des cercles, à partir du plan de l'orifice jusqu'à celui de la plus grande contraction au-delà duquel la veine paraît se dilater de nouveau.

Quoique les différentes formes qu'affectent les veines contractées ne puissent être aperçues que lorsque le fluide s'écoule du réservoir dans l'air libre, la contraction n'en a pas moins lieu dans l'intérieur d'un ajutage dont l'orifice est armé. Il arrive seulement alors que les directions obliques des filets fluides se composent entre elles d'une autre manière par l'effet des pressions que les parois de cet ajutage exercent sur ces filets.

Si donc on pouvait suivre dans l'intérieur d'un tuyau additionnel le mouvement d'une molécule fluide quelconque, autre que celle qui s'écoule par le centre de l'orifice, on la verrait se mouvoir d'un mouvement ondulatoire et ses ondes acquérir plus d'amplitude à mesure qu'elle s'éloigne davantage de la racine de l'ajutage, jusqu'à ce qu'enfin, le tuyau ayant acquis une grande longueur, ces ondulations s'oblitèrent entièrement, la ligne suivie par chaque molécule se redresse, et la masse fluide en mouvement se compose de filets parallèles entre eux et à l'axe du tuyau dans lequel ils coulent.

On voit par-là comment le mouvement ne peut être linéaire dans les tuyaux qui n'ont point une longueur suffisante, et pourquoi l'expression de la force retardatrice ne se réduit à un seul terme proportionnel à la simple vîtesse que quand la longueur des tubes a atteint une certaine limite.

DEUXIÈME PHÉNOMÈNE.

La limite de la longueur du tube à laquelle le carré de la vîtesse disparaît de la formule générale du mouvement uniforme, est d'autant plus éloignée de l'origine de ce tube, que les charges d'eau au-dessus de son orifice sont plus considérables.

EXPLICATION.

La vîtesse d'écoulement augmente avec la charge d'eau au-dessus de l'orifice. Mais plus cette vîtesse est grande, plus les quantités de mouvement des molécules fluides qui frappent obliquement les parois du tube sont considérables, et plus par conséquent les mouvemens ondulatoires qui en résultent dans son intérieur doivent se propager au-delà de l'origine du tuyau. Ainsi le mouvement devient linéaire à des distances de cette origine, d'autant plus grandes que la charge d'eau est plus forte, et réciproquement.

TROISIÈME PHÉNOMÈNE.

Toutes choses égales d'ailleurs, la limite de la longueur du tube à laquelle le mouvement du fluide devient linéaire, est encore d'autant plus éloignée de l'origine du tuyau, que son diamètre est plus grand.

EXPLICATION.

Si le diamètre du tube par lequel l'écoulement s'opère était infiniment petit, ou que l'orifice se réduisît à un seul point, on conçoit qu'il ne sortirait du réservoir qu'un seul filet fluide, et alors il n'y aurait plus de contraction; le

mouvement serait linéaire dès l'origine du tube. On conçoit au contraire que plus son diamètre s'accroît, plus aussi s'augmente la somme des filets fluides qui y entrent obliquement. La cause du mouvement ondulatoire dans le tuyau devenant ainsi plus intense, ce mouvement se propage nécessairement à une plus grande distance de l'orifice, d'où il suit que la longueur du tube, à laquelle le mouvement linéaire commence à se manifester, doit augmenter à mesure que son diamètre augmente.

QUATRIÈME PHÉNOMÈNE.

Lorsque le mouvement de l'eau dans les tubes est devenu linéaire, les variations de la température exercent sur les produits de l'écoulement une influence telle que dans l'intervalle de 0^{deg} *à* 86 *degrés du thermomètre centigrade, ces produits varient dans le rapport de* 1 *à* 4.

EXPLICATION.

La matière des tubes se dilatant par la chaleur, leur diamètre devient plus grand à mesure que la température s'élève; ce qui doit nécessairement augmenter les produits de l'écoulement.

Cette cause d'augmentation est réelle; recherchons avant d'aller plus loin quelle peut être son influence.

Il résulte des expériences de Smeaton (1), qu'une verge de cuivre rouge battue s'allonge de 0,0017 depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante.

Nous avons employé deux tubes de cuivre, l'un de 0,00183283, l'autre de 0,00296073 de diamètre.

(1) Transactions Philosophiques, année 1754, n° LXXIX.

En supposant que la mesure en ait été prise au zéro de l'échelle thermométrique, ces deux diamètres seront devenus, à la température de l'eau bouillante, le premier de 0,0018359459, le second de 0,0029657707, l'un et l'autre n'auront augmenté que d'un 0,0017, et comme, d'après la formule du mouvement linéaire uniforme $g\frac{Dh}{4l} = au$, la vîtesse, c'est-à-dire le produit de l'écoulement est proportionnel au diamètre du tube, il s'ensuit que si l'on représente par 10000 ce produit en un temps donné sous une charge quelconque à zéro de température, il sera représenté dans les mêmes circonstances par 10017 lorsque la température s'élevera à cent degrés. Mais alors, suivant l'expérience, ce produit est indiqué par le nombre 42000; l'augmentation résultante de la dilatation du tuyau est donc à l'augmentation effective du produit de l'écoulement aux deux limites de la liquidité, comme 17 est à 32000, ou comme 1 est à 1882 environ; d'où l'on voit évidemment que l'augmentation du diamètre par la dilatation du métal est une cause insensible du phénomène qu'il s'agit d'expliquer.

La quantité de la dilatation du verre étant environ sous-double de la dilatation du cuivre pour les mêmes élévations de température, on conçoit comment M. le professeur Gerstner, dont les expériences ont été faites avec des tubes de baromètre, n'a dû tenir aucun compte de cette cause dans l'explication qu'il a donnée de ce phénomène. Il a été en effet d'autant mieux fondé à la négliger, que dans le cours de ses observations l'eau n'a jamais été élevée au-dessus de quarante degrés du thermomètre de Réaumur. C'est uniquement par l'augmentation de sa fluidité qu'il explique

l'augmentation des produits de l'écoulement. Nous allons maintenant rechercher quelle est la véritable influence de cette augmentation de fluidité. Mais auparavant Il convient de rappeler en quoi consiste cette propriété des corps.

Suivant Newton, dont la définition a été généralement adoptée par les géomètres et les physiciens venus après lui, « Tout fluide est un corps dont les parties cèdent à une « force quelconque qu'on leur imprime, et se meuvent faci- « lement entre elles en cédant à cette force (1). »

Cette extrême mobilité, qui est la propriété caractéristique des fluides, tient d'une part à ce que la surface de leurs molécules est parfaitement polie, et d'autre part à ce que l'adhérence qui les retient les unes aux autres est très-faible.

Quelque faible néanmoins que soit cette adhérence, c'est elle seule qui rend une masse fluide, un corps continu. Autrement les molécules de cette masse, supposées parfaitement polies et inadhérentes, formeraient une réunion de corpuscules qui auraient plus ou moins d'analogie avec un amas de grains de sable, ou de toute autre substance sèche et solide ; assemblage que l'on a désigné quelquefois sous le nom de fluide imparfait.

Tant qu'une masse fluide est en équilibre, elle n'obéit sensiblement qu'à l'action de la gravité, et comme cette action est connue, on peut déterminer rigoureusement les lois de cet équilibre. Voilà pourquoi l'hydrostatique est une partie complète de la science, et que l'on obtient aisément la solution de tous les problèmes qui s'y rapportent.

---

(1) *Fluidum est corpus omne cujus partes cedunt vi illatæ, et cedendo facilè moventur inter se.* (Philosophiæ naturalis principia mathematica, sectio V, definitio fluidi).

Mais lorsqu'une masse fluide est en mouvement, toutes ses molécules, en supposant même pour plus de simplicité qu'elles se meuvent dans le même sens, ne sont pas toujours animées de la même vîtesse, de sorte qu'en glissant les unes sur les autres, elles sont obligées de surmonter une partie de l'adhérence qui s'exerce à leur surface et qui les retient entre elles; il faudrait par conséquent connaître la valeur et la manière d'agir de cette adhérence pour l'introduire dans les questions d'hydrodynamique dont on n'obtiendra sans cela que des solutions imparfaites; de même que dans l'application de la mécanique, des corps solides aux cas de la nature, les résultats du calcul sont démentis par l'expérience, si l'on n'a point égard aux frottemens, à l'adhésion, à la résistance des milieux, et à toutes les forces retardatrices qui tendent à contre-balancer l'action de la gravité.

La température à laquelle un fluide quelconque est élevé ne semble devoir exercer aucune influence sur le degré de poli de la surface de ses molécules, mais elle peut en exercer une plus ou moins sensible sur l'adhérence qui les retient entre elles, car le premier effet de l'élévation de la température sur tous les corps, et plus particulièrement sur les fluides, est d'en écarter les molécules. Si donc l'adhérence qui les retient les unes aux autres est une certaine fonction de la distance qui les sépare, il est évident que cette adhérence doit varier avec le degré de température auquel le fluide est porté.

Jusqu'à-présent on n'a obtenu par aucune expérience directe, du moins que je connaisse, la mesure de cette adhérence entre les molécules d'un fluide à un degré de température déterminé. Nous allons essayer d'indiquer la loi que

cette adhérence doit suivre dans les variations de température que le fluide éprouve.

Considérons d'abord une masse fluide comme formée de lames parallèles qui peuvent glisser les unes sur les autres; ainsi que cela a lieu dans un canal prismatique où le mouvement est linéaire et parvenu à l'uniformité.

Considérons ensuite dans cette masse trois lames superposées. Il s'agit de trouver l'action mutuelle qu'exercent l'une sur l'autre, en vertu de leur attraction à distance, les deux lames que sépare la couche intermédiaire du fluide.

En envisageant la question sous ce point de vue, elle se réduit évidemment au cas où deux lames solides sont séparées par une couche fluide susceptible de les mouiller.

Or une surface n'est mouillée que parce que le fluide qui la mouille tend en quelque sorte à se combiner avec elle; mais si cette tendance à la combinaison était satisfaite, chaque molécule de cette surface se combinant avec une portion du fluide contigu, la lame fluide, que l'on suppose interposée entre les deux surfaces, deviendrait plus mince, et par suite les deux surfaces mouillées se rapprocheraient l'une de l'autre, abstraction faite de toute autre force.

Recherchons, d'après ce principe, la loi suivant laquelle le rapprochement aurait lieu.

Les lignes S T, S′T′ (fig. 4, planche I), représentent les sections des surfaces par un plan qui leur est perpendiculaire. Prenons sur l'une d'elles un point quelconque M.

Suivant la nature de ce point matériel, c'est-à-dire suivant sa tendance à se combiner avec une plus ou moins grande quantité de fluide, son action se manifestera sensiblement à une distance plus ou moins grande; mais, quelle que soit

cette distance sensible, il est clair que ce point matériel n'agira que sur la portion de la surface S T qui se trouvera dans sa sphère d'activité.

On se formera une idée exacte de son action si l'on conçoit les rayons de cette sphère comme une multitude de fils dont ceux qui atteignent la surface S T lui sont attachés, en vertu de l'affinité réciproque de cette surface et du fluide.

L'assemblage de tous ces filets présente ainsi un cône droit ayant pour sommet le point M, pour axe la droite M B, qui mesure la distance des deux lames, et pour apothême la droite M A égale au rayon de la sphère d'activité du point attirant.

Si l'on suppose que le point M se combine actuellement avec le fluide contigu, et si l'on considère seulement la portion de ce fluide renfermée dans le cône A M A', il est évident que la base de ce cône se rapprochera de son sommet, précisément comme si le point M était un orifice par lequel il s'écoulerait une quantité de fluide égale à celle qui se serait combinée. Or, parce que les deux surfaces S T et S' T' sont supposées rester constamment parallèles, l'écoulement du fluide par le point M, qui est le sommet d'un vase conique, aura lieu de manière que toutes les tranches de ce fluide, perpendiculaires à l'axe du cône, resteront parallèles à sa base. Dans cette hypothèse jointe à celle de l'incompressibilité du fluide, il est évident que l'espace décrit par une tranche quelconque sera en raison inverse de la surface de cette tranche, c'est-à-dire en raison inverse du carré de sa distance au point M, et comme les espaces élémentaires parcourus aux premiers instans du mouvement sont proportionnels aux forces accélératrices qui les font parcourir, il s'ensuit que la force accélératrice d'une tranche quelconque

du cône fluide AMA′ est en raison inverse du carré de sa distance du point M. Tous les points de la base AA′ sont donc eux-mêmes attirés en raison inverse du carré $\overline{BM}^2$ de l'axe du cône.

Cela posé, faisons $BM = b$.

Le rayon $MA = MA' = r$. La distance BP du centre de la base du cône à un point quelconque de cette base $= x$.

A, un coëfficient constant donné par l'expérience.

Enfin le rapport de la circonférence au rayon $= 2\Pi$.

Il faut remarquer maintenant que les points P de la base AA′ sont attirés dans la direction des rayons recteurs ou des fils MP; mais comme il s'agit de trouver la quantité dont les surfaces ST, S′T′ tendent à se rapprocher, il faut décomposer la direction du rayon recteur en deux autres, l'une parallèle à ces surfaces et qui ne produit aucun effet, l'autre qui leur soit perpendiculaire, et sur laquelle doit se mesurer la distance qui les sépare.

Nommons F la force cherchée, et abaissons du point P la perpendiculaire PQ sur la surface S′T′, nous aurons :

$$\frac{A}{b^2} : \sqrt{b^2 + x^2} :: F : b,$$

d'où l'on tire

$$F = \frac{A}{b\sqrt{b^2 + x^2}}.$$

Décrivons maintenant, sur la base AA′ et des rayons BP et Bp, deux cercles infiniment près l'un de l'autre, la surface de la couronne circulaire qu'ils renferment aura pour expression $2\Pi x\,dx$, et tous les élémens de cette surface étant attirés par la même force F, l'attraction du point M

sur une couronne circulaire quelconque, sera exprimée par

$$\frac{2\pi A x dx}{b\sqrt{b^2+x^2}}.$$

Donc la base entière du cône éprouve l'action totale

$$\int \frac{2\pi A x dx}{b\sqrt{b^2+x^2}} = \frac{2\pi A}{b}\sqrt{b^2+x^2} + C.$$

La constante C doit être telle que cette expression s'évanouisse lorsque $x = 0$; et par conséquent

$$C = -\frac{2\pi A}{b} b.$$

mais cette expression est complète lorsque $x = BA = \sqrt{rr-bb}$. Donc enfin l'attraction cherchée du point M sur la surface $ST = \frac{2\pi A}{b}(r-b)$.

Lorsque la distance b qui sépare les deux surfaces ST, S′T′ peut être regardée comme nulle par rapport au rayon de la sphère d'activité de l'un de leurs élémens M, ce qui est le cas de la nature si les deux surfaces sont contiguës, et si le rayon de la sphère d'activité des molécules matérielles qui composent ces deux surfaces est d'une longueur sensible, l'expression précédente se réduit à celle-ci : $\frac{2\pi Ar}{b}$; c'est-à-dire que *l'action qu'exerce un point quelconque* M *de l'une des surfaces* S′T′ *sur l'autre surface* ST, *est en raison directe du rayon de la sphère d'activité de ce point matériel, et en raison inverse de la distance comprise entre ces deux surfaces.*

Or chaque molécule de la surface S′T′ exerce une action égale sur toutes les petites bases coniques que l'on peut décrire sur la surface ST. La somme des actions exercées par

la surface matérielle S'T' est donc proportionnelle à sa masse, ou, ce qui est la même chose, à sa densité, en supposant son étendue égale à l'unité.

D'un autre côté, toutes les molécules matérielles semblablement placées de chacune de ces petites bases coniques sont attirées de la même manière par le sommet de ce cône. L'attraction de ce sommet sur la base qui lui appartient est donc proportionnelle à la masse où la densité de cette base.

Ainsi, nommant δ la densité de la surface ST, δ' la densité de la surface S'T', et S leur étendue commune, leur attraction mutuelle, ou plutôt leur adhérence lorsqu'elles seront contiguës, sera représentée par

$$\frac{2\pi AS r\delta\delta'}{b}, \text{ ou par } \frac{2\pi AS r\delta^2}{b}.$$

En les supposant de la même nature ou de densité égale. Dans cette hypothèse on voit que l'adhérence de ces surfaces est proportionnelle au carré de leur densité et en raison inverse de la distance qui les sépare. Or cette distance b est l'épaisseur de la lame fluide que nous avons supposée entre les deux surfaces ST et S'T' : de plus, en supposant constante la masse de cette lame, il est évident que chacune de ses dimensions doit varier en raison inverse de sa densité. On aura donc l'épaisseur $b = \frac{m}{\delta}$, m étant un coëfficient déterminé par l'expérience, et qui dépend de la nature du fluide. L'expression trouvée plus haut deviendra, par cette substitution,

$$\frac{2\pi AS r\delta^3}{m} = r\,BS\,\delta^3,$$

en faisant

$$\frac{2\pi A}{m} = B.$$

Ainsi *l'adhérence des molécules entre elles est en raison directe composée, du rayon de la sphère d'activité de ces molécules, et du cube de la densité de ce fluide.*

Maintenant, puisque suivant la définition de Newton, rappelée ci-dessus, la fluidité d'un corps consiste dans la mobilité de ses parties les unes sur les autres, il est évident que cette fluidité est d'autant plus parfaite que la mobilité des parties intégrantes du fluide est plus grande, ou, ce qui revient au même, que l'adhérence qui les retient entre elles est plus faible; la fluidité est donc en raison inverse de cette adhérence. Or nous venons de démontrer que celle-ci était dans le même fluide exactement proportionnelle au cube de sa densité. Ses degrés successifs de fluidité suivent donc le même rapport inverse depuis le terme de sa congélation jusqu'à celui de sa vaporisation; ainsi il ne reste, pour connaître le degré de fluidité d'un liquide à une température quelconque entre ces deux limites, qu'à déterminer la densité correspondante.

Comme notre objet se réduit ici à rechercher l'influence de la température sur la fluidité, il nous suffira de comparer l'une à l'autre les densités de l'eau aux momens de sa congélation et de son ébullition, et de déduire de cette comparaison les fluidités relatives à ces deux cas extrêmes.

Les physiciens ne sont point d'accord sur l'expression de la densité de l'eau au terme de l'ébullition. Si on la représente par 10000 à zéro de température, elle sera représentée à 100 deg. du thermomètre centigrade, suivant M. Hauy (1), par 9629, et suivant M. Biot (2), par 9554.

(1) Traité de Physique, tom. I^er^, pag. 195 (1803).

(2) Ce nombre 9554 est déduit de la formule donnée par M. Biot dans

Adoptant cette dernière expression de la densité de l'eau au terme de la vaporisation, parce qu'elle diffère plus que toutes les autres de sa densité au terme de la congélation, et nous rappelant que les fluidités du même liquide, à des degrés différens de température, sont en raison inverse du cube des densités correspondantes, nous trouvons que la fluidité de l'eau à cent degrés du thermomètre est à sa fluidité à zéro, comme 10000 : 8722 ; c'est-à-dire que la plus grande diminution de fluidité que puisse éprouver ce liquide, par l'abaissement de sa température de cent degrés à zéro, n'est que les $\frac{13}{100}$ environ de sa fluidité dans le premier de ces états.

Il suit de-là que, si l'augmentation des produits de l'écoulement dans les tubes capillaires par l'élévation de la température devait être attribuée, suivant l'explication de M. Gerstner, à l'augmentation de la fluidité de l'eau, ces produits ne varieraient depuis zéro jusqu'à cent degrés que dans le rapport de 87 à 100, ou de 100 à 114, tandis qu'ils varient en effet, d'après l'expérience, dans le rapport de 100 à 420. L'augmentation de fluidité, due à l'élévation de température, est donc insuffisante pour expliquer les différences que l'on remarque entre les produits de l'écoulement à des températures inégales.

Nous avons d'ailleurs prouvé que ces différences ne pouvaient provenir de la dilatation des tubes ; il faut donc chercher dans une autre cause l'explication du phénomène.

Elle se déduit naturellement de la propriété qu'ont certains fluides de s'attacher à la surface de certains corps,

---

les Mémoires de Physique et de Chimie de la société d'Arcueil, tom. III, pag. 253.

propriété qui semble devoir être considérée comme le résultat de la force en vertu de laquelle les molécules fluides, en contact avec la surface solide, tendent à se combiner avec elle. Quelle que soit au reste la cause de cet effet il nous suffit de savoir que l'expérience le constate.

Les tuyaux de cuivre que nous avons employés sont au nombre des substances susceptibles d'être mouillées par l'eau; ainsi, pendant l'écoulement, le filet fluide qui se meut dans le tube, glisse, non pas sur la surface même du cuivre, mais sur la couche d'eau qui tapisse la paroi intérieure du tuyau.

Remarquons de plus que lorsque le mouvement de ce filet fluide est devenu linéaire, il n'exerce, sur la couche fluide adhérente à la matière du tube, aucun choc oblique qui puisse altérer l'épaisseur de cette couche, de sorte que, si dans des circonstances semblables on soumettait à l'épreuve des fluides d'espèce différente, suivant le plus ou moins de tendance qu'ils auraient à se combiner avec la surface du tuyau, l'action de celle-ci s'exerçant à des distances plus ou moins grandes, et n'étant contrariée par aucune autre force, la couche de ces fluides, adhérente à la paroi du tube, serait plus ou moins épaisse.

Or le rayon du tube par lequel l'écoulement s'opère est nécessairement diminué de toute l'épaisseur de cette couche fluide; donc, suivant le plus ou moins de tendance à la combinaison entre la surface intérieure du tuyau, et le fluide en expérience, les produits de l'écoulement peuvent être différens, puisqu'indépendamment de l'adhésion des molécules fluides entre elles, adhésion qui est susceptible de varier suivant leur nature, le véritable diamètre du tube par lequel

l'écoulement s'opère, c'est-à-dire le diamètre de l'espace vuide qui donne passage au fluide, est variable lui-même.

Maintenant, puisque la formation de la couronne circulaire du fluide qui tapisse la section transversale du tube est un effet de l'attraction à distance qu'exerce la surface de ce tube sur le fluide qui y est contenu, il est évident que, conformément à la loi générale des affinités, cet effet doit être d'autant plus grand que le fluide est plus dense. L'augmentation de sa densité ou, ce qui est la même chose, l'abaissement de sa température doit donc accroître l'épaisseur de la couche fluide qui reste adhérente à l'intérieur du tuyau, c'est-à-dire diminuer le diamètre réel de ce tuyau, et par conséquent rendre moindres les produits de l'écoulement.

Telle est la véritable cause du quatrième phénomène que nous avons observé, et cette explication va être confirmée par ce qui nous reste à dire des phénomènes suivans.

CINQUIÈME PHÉNOMÈNE.

En-deça de la limite à laquelle le mouvement commence à être linéaire, et lorsque, par la diminution de sa longueur, le tube se trouve réduit à un simple ajutage, le produit de l'écoulement ne varie que dans le rapport de 5 *à* 6 *environ, pour un intervalle thermométrique compris entre* 0 *et* 87 *degrés.*

EXPLICATION.

Nous avons vu dans tout ce qui précède que le mouvement linéaire était caractérisé par le parallélisme parfait de la direction du mouvement du filet fluide et de l'axe du

tube, et que ce parallélisme ne pouvait s'établir qu'autant que le tube avait acquis une certaine longueur. Nous avons vu également qu'avant d'être parvenu à la linéarité, le mouvement qui a lieu dans un simple ajutage suit des lois dépendantes de la contraction de la veine fluide, dont les filets choquent plus ou moins obliquement, par des ondulations successives, les parois intérieures du tuyau.

Ces ondulations ratissent pour-ainsi-dire ces parois, de sorte que la couche fluide qui tend à y adhérer ne pouvant y rester attachée, l'écoulement s'opère à nu sur la surface même de la paroi du tube, ou du moins sur une couche fluide infiniment mince, indépendante de l'action plus ou moins intense que le fluide et la matière du tube exercent l'un sur l'autre. Ainsi, par cela même que le mouvement n'est point linéaire dans les tuyaux capillaires d'une longueur insuffisante, ces tuyaux ne peuvent rester tapissés intérieurement d'une couche fluide, dont l'épaisseur dépende de la densité ou de la température de ce fluide ; et, comme les ondulations occasionnées dans le tube par suite de la contraction de la veine fluide ont d'autant plus d'amplitude que le tube a plus de longueur, on conçoit qu'à mesure qu'il s'allonge le mouvement doit approcher de la linéarité. Voilà pourquoi l'influence de la température se fait sentir d'autant moins que le tube est plus court, et comment il ne se manifeste qu'une différence insensible entre les produits de l'écoulement par un orifice pratiqué dans une paroi mince, quelle que soit la température du fluide qui s'écoule.

Remarquons, en terminant cette explication, que l'eau, au même degré de température, est fluide au même degré, quelle que soit la longueur du tuyau dans lequel elle se meut ; si

donc, comme on l'a supposé, les différences entre les produits de son écoulement dépendaient du degré de sa fluidité, ils devraient présenter les mêmes différences pour des variations égales de température, quelles que fussent les longueurs des tubes employés. Or les deux derniers phénomènes que nous venons d'expliquer consistent précisément en ce que les différences de produits ne se manifestent pas également pour des tubes de toutes longueurs ; ce n'est donc pas, ainsi que nous l'avons déja dit, aux variations de la fluidité du liquide qu'il faut attribuer les différences observées entre les produits de l'écoulement, à des températures diverses.

SIXIÈME PHÉNOMÈNE.

Le coëfficient de la première puissance de la vîtesse qui entre dans l'expression de la force retardatrice du mouvement linéaire, varie avec les diamètres des tubes mis en expérience.

EXPLICATION.

Reprenons la formule générale du mouvement linéaire uniforme.

$$g\frac{Dh}{4l} = a\,u.$$

Et afin de n'y introduire que des quantités données immédiatement par l'observation, substituons à la vîtesse calculée u sa valeur $\frac{4Q}{\pi D^2}$, dans laquelle Q représente le produit de l'écoulement par seconde, et π le rapport de la circonférence au diamètre; elle deviendra

$$g\frac{\pi h D^3}{16\,lQ} = a.$$

Dans l'application que nous en avons faite à nos deux séries d'expériences, nous avons calculé le coëfficient a en supposant que le fluide glissait sur la surface intérieure des tubes métalliques, ou du moins sur une couche assez mince pour que son épaisseur n'altérât pas sensiblement les diamètres de ces tubes.

S'il en était ainsi, il est évident que l'on devrait trouver pour le coëfficient a une valeur constante, puisqu'il représente dans la formule la force avec laquelle le fluide en mouvement adhère à la surface immobile sur laquelle il glisse, et que, pour nos deux séries d'expériences, les tubes sont de la même substance, et mouillés intérieurement du même fluide.

Il est évident de plus qu'en nommant Q′ et Q″ le produit de l'écoulement par deux tubes dont les diamètres sont $d_{,}$ et $d_{,,}$ la formule générale deviendrait successivement

$$g\frac{\pi h d^{3}_{,}}{16 l Q'} = a,$$

$$g\frac{\pi h d^{3}_{,,}}{16 l Q''} = a;$$

ce qui signifie que pour une même charge d'eau, et une même longueur de tubes, les produits de l'écoulement seraient proportionnels aux cubes des diamètres, ou que l'on aurait

$$\frac{d^{3}_{,}}{Q'} = \frac{d^{3}_{,,}}{Q''} = \mathrm{A}.$$

A étant une quantité constante quelconque.

Or le phénomène que nous examinons consiste précisément dans l'inégalité de ces deux rapports. Les termes dont

ils sont formés ne sont donc pas réellement tels que nous les avons supposés, et comme les dénominateurs Q' et Q'' sont donnés immédiatement par l'observation, il faut nécessairement que l'inégalité des rapports $\frac{d'^3}{Q'}$ et $\frac{d''^3}{Q''}$, provienne de ce que l'on a donné aux numérateurs, des valeurs trop petites ou trop grandes; mais en supposant, comme nous l'avons fait, ces numérateurs égaux aux diamètres même des tubes métalliques de nos deux séries, on leur a donné la plus grande valeur qu'ils soient susceptibles d'acquérir. Ils n'ont donc point été supposés trop petits, d'où il suit nécessairement qu'ils ont été supposés trop grands.

Pour rétablir l'égalité entre les rapports $\frac{d'^3}{Q'}$ et $\frac{d''^3}{Q''}$, et ramener le coëfficient a à la valeur constante qu'il doit avoir, il faut donc que les diamètres d' et d'' soient diminués respectivement de certaines quantités du même ordre $2e'$, $2e''$, de telle sorte que l'on ait

$$\left(\frac{d'-2e'}{Q'}\right)^3=\left(\frac{d''-2e''}{Q''}\right)^3=A,$$

ce qui changera la formule générale du mouvement linéaire uniforme en celle-ci :

$$g\frac{\pi h\,(D-2e)^3}{16\,l\,Q}=a;$$

laquelle indique que le diamètre de l'espace vide où le fluide se meut n'est point le diamètre du tube métallique, mais ce même diamètre diminué de la double épaisseur $2e$ d'une couche fluide immobile qui le tapisse intérieurement. Ainsi l'existence de cette couche fluide, par laquelle nous avons

explique les phénomènes précédens, se trouve démontrée par celui qui nous occupe actuellement.

Quant à l'épaisseur de cette couche, elle dépend de la somme d'actions qu'exerce un point quelconque de la paroi intérieure du tuyau sur toutes les molécules fluides comprises dans la sphère d'activité de ce point, et cette somme d'actions est elle-même une certaine fonction du rayon de courbure de la section transversale intérieure du tube, comme nous aurons occasion de le démontrer dans un autre Mémoire.

SEPTIÈME PHÉNOMÈNE.

Les coëfficiens a *de la vîtesse, qui pour des tubes de différens diamètres, ont des expressions différentes à une température donnée, approchent d'autant plus de l'identité que la température est plus haute.*

EXPLICATION.

Nous venons de démontrer que le calcul doit conduire à des expressions identiques de ces coëfficiens, quels que soient les diamètres des tubes employés, pourvu que l'on substitue à ces diamètres D les diamètres corrigés $D - 2e$ de l'espace vide par lequel l'écoulement s'opère; si donc on néglige de faire cette correction, comme nous l'avons négligé dans le calcul de nos tables, les valeurs des coëfficiens ainsi obtenus doivent être différens mais approcher d'autant plus de l'identité, que les diamètres corrigés sont plus près de se confondre avec les véritables diamètres des tubes, ou, ce qui est la même chose, que la couche fluide adhérente à leur paroi intérieure est plus mince.

Or, à cent degrés de température, l'eau étant au moment de se réduire en vapeurs n'exerce plus, comme liquide, qu'une action extrêment faible sur la surface du solide avec lequel elle est en contact, et l'épaisseur de la couche fluide qui lui reste adhérente peut être regardée comme nulle. L'erreur commise dans le calcul, en négligeant la correction du diamètre, est donc aussi sensiblement nulle, et par conséquent on doit obtenir à cette température des valeurs identiques quels que soient les diamètres des tubes.

Ce phénomène est un résultat nécessaire de ceux qui ont déja été observés et l'explication que nous venons d'en donner est aussi la suite immédiate des explications qui précèdent.

HUITIÈME PHÉNOMÈNE.

Quel que soit le diamètre d'un tube capillaire, les variations dans les produits de l'écoulement d'un degré de température à l'autre, sont d'autant plus considérables que la température est plus basse.

EXPLICATION.

Ce phénomène indique que si l'on construit sur l'échelle thermométrique, prise pour axe des abscisses, une courbe ayant pour ordonnées les coëfficiens a tels que nous les avons calculés, cette courbe tournera sa convexité du côté de son axe, et qu'elle lui deviendra parallèle lorsque la température du fluide sera parvenue au terme de l'ébullition.

Cela dérive évidemment de la loi suivant laquelle diminue l'épaisseur de la couche fluide qui tapisse l'intérieur du tube à mesure que la température s'élève. Nous allons montrer

tout-à-l'heure comment nos expériences peuvent s'appliquer à la détermination de cette loi.

NEUVIÈME PHÉNOMÈNE.

La loi de variabilité qui exprime les rapports des produits de l'écoulement aux degrés de température, se manifeste avec d'autant plus de régularité que les observations ont lieu sur des tubes d'un diamètre plus petit.

EXPLICATION.

Il faut, pour donner naissance aux divers phénomènes dont nous venons de parler, que le mouvement du fluide dans le tube soit essentiellement linéaire; or la linéarité du mouvement est d'autant plus parfaite que le tube est d'un diamètre plus petit : donc les phénomènes dont il s'agit doivent se manifester d'autant plus sensiblement que les tubes sont plus capillaires.

DIXIÈME PHÉNOMÈNE.

La température qui exerce une si grande influence sur les produits de l'écoulement uniforme par les tubes capillaires, cesse d'exercer une influence sensible lorsque le mouvement a lieu dans des canaux ouverts ou des tuyaux de conduite ordinaires, dont les dimensions sont hors des limites de la capillarité.

EXPLICATION.

L'influence qu'exerce la température sur l'écoulement de l'eau par les tubes capillaires, étant due, comme on vient de le voir, à l'épaisseur plus ou moins grande d'une couche fluide qui reste adhérente à la surface intérieure de ces

tubes, on conçoit qu'en supposant même le mouvement linéaire dans un gros tuyau, l'épaisseur de cette couche fluide est trop petite pour que le diamètre de ce tuyau en soit altéré sensiblement.

Si, par exemple, l'épaisseur de cette couche est de $\frac{1}{2}$ millimètre lorsque le fluide est à zéro, et nulle au terme de la vaporisation, un tube de 2 millimètres d'ouverture n'aura plus que 1 millimètre, c'est-à-dire éprouvera une réduction de moitié dans le premier état de ce fluide; tandis que si le tuyau a 1 décimètre de diamètre, cette réduction ne sera que de $\frac{1}{100}$ de l'ouverture en abaissant la température de cent degrés à zéro.

Indépendamment de ce que l'épaisseur de la couche fluide adhérente à la paroi du tube est insensible pour un tuyau d'un diamètre au-dessus des limites de la capillarité, tandis qu'elle est toujours une partie plus ou moins notable de l'ouverture d'un tube capillaire, on peut ajouter que le mouvement devient plus difficilement linéaire dans un gros tuyau que dans un petit tube; de sorte qu'il est possible que, par l'effet du mouvement irrégulier des filets fluides dans un tuyau de conduite ordinaire, la couche qui en tapisse intérieurement la surface soit, comme nous l'avons dit, labourée par le courant et ne conserve point une épaisseur constante, ce qui fait naturellement sortir ce cas hors de la classe de ceux auxquels les formules s'appliquent. Ce qui caractérise essentiellement les différens phénomènes que nous venons de rappeler, c'est qu'ils ne se manifestent que dans la seule circonstance où le mouvement est linéaire, et qu'une cause unique suffit pour les expliquer tous. Cette cause est l'action réciproque du fluide et de la matière du

tube ; semblable à l'attraction universelle, ou plutôt cas particulier de cette attraction, l'action dont il s'agit est proportionnelle aux masses ; de sorte que, quelle que soit la fonction de la distance suivant laquelle elle s'exerce, la limite de cette action s'éloigne d'autant plus de la paroi solide, que le fluide acquiert plus de densité par l'abaissement de la température.

Mais quelle est la loi de variabilité entre la densité ou la température du fluide, et le rayon de sa sphère d'activité sur la matière du tube ? En attendant qu'une nouvelle théorie donne la solution complète de cette question, je vais montrer comment l'expérience conduit à déterminer, du moins par approximation, la loi de la variabilité cherchée.

§ II.

Application de nos expériences à la détermination du rapport entre la température et l'épaisseur de la couche fluide qui reste adhérente à la paroi du tube.

La superficie de la section transversale du tube se trouve diminuée d'une couronne circulaire dont l'épaisseur varie avec la température du fluide mis à l'épreuve.

Si donc on appelle généralement S la superficie de cette couronne circulaire, T la température, A, B, C, D, E, F, etc., une suite de coëfficiens constans ; la quantité S pourra être représentée par une série formée de toutes les puissances successives de T, multipliées chacune par un des coëfficiens A, B, C, D, etc..... ainsi l'on aura :

$$S = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 + \text{etc.}\ldots\ldots \quad (1)$$

Appelons R le rayon du tube, e l'épaisseur de la couche fluide qui tapisse sa paroi, 2Π le rapport de la circonférence au rayon, on aura, comme on le trouve aisément,

$$2\frac{(R-e+R)}{2}\Pi e=\Pi(2Re-e^2)=S,$$

et par conséquent

$$2Re-e^2=A+BT+CT^2+DT^3+ET^4+\text{etc.}\ldots\ldots(2)$$

formule dans laquelle les coëfficiens A, B, C, etc., sont les mêmes que ceux de la formule (1) divisés par la quantité constante Π.

Le premier de ces coëfficiens se détermine immédiatement par la considération qu'à cent degrés de température, lorsque la densité est devenue la moindre possible dans l'état de liquidité, la couche fluide adhérente à la paroi du tube est infiniment mince, ce qui donne:

$$0=A+100B+C(100)^2+D(100)^3+\text{etc.}\ldots\ldots$$

ou bien,

$$A=-(100)-C(100)^2-D(100)^3\ \text{etc.}\ldots\ldots(3)$$

Substituant cette valeur de A dans la formule (2), elle devient :

$$2Re-e^2=B(T-100)+C\left(T^2-(100)^2\right)+D\left(T^3-(100)^3\right)+\text{etc.}$$

ou, en changeant les signes,

$$(R-e)^2=R^2+B(100-T)+C\left((100)^2-T^2\right)+D\left((100)^3-T^3\right)\text{etc..}(4)$$

d'où l'on tire

$$e=R-\sqrt{R^2+B(100-T)+C((100)^2-T^2)+D((100)^3-T^3)}+\text{etc...}$$

équation dans laquelle il ne s'agit plus que de substituer aux coëfficiens B, C, D, etc.... les valeurs numériques qui leur conviennent.

Pour déterminer ces valeurs, rappelons-nous la formule générale du mouvement uniforme

$$g\frac{\Pi h(D-2e)^3}{16lQ}=a;$$

à cause de $D=2R$, on en tire,

$$(R-e)^3=\frac{2lQa}{g\Pi h},$$

dans laquelle la quantité a représente l'adhérence du filet fluide en mouvement, à la surface immobile de la couche qui tapisse l'intérieur du tube.

Or on a démontré plus haut que cette adhérence est proportionnelle au cube de la densité du fluide. Si donc on la désigne par m lorsque la densité $=1$, on aura $m=\frac{a}{\delta^3}$, et par conséquent $a=m\delta^3$; ainsi l'équation précédente se transformera en celle-ci :

$$(R-e)^3=\frac{2lQm\delta^3}{g\Pi h}$$

Nous avons vu qu'au terme de la vaporisation l'épaisseur e était infiniment petite; on a donc, à cent degrés de température,

$$R^3=\frac{2lQm\delta^3}{g\Pi h},$$

et par conséquent

$$m = \frac{g\,\Pi\,h\,R'}{2\,l\,Q\,\delta^3},$$

δ^3 représentant ici le cube de la densité du liquide en cet état.

Nous avons trouvé, par une expérience faite le 9 juillet 1814 sur un tube de 1^m 388 de longueur, et de 0,00183283 de diamètre sous 0^m06 de charge et à $99^\circ\frac{1}{2}$ de température, que la quantité d'eau Q, écoulée par seconde, était de 0,0000074404.

On sait de plus que la densité de l'eau à la température de $99^\circ\frac{1}{2}$, calculée d'après la formule de M. Biot, est exprimée par 0,955532. Le cube de cette densité est donc, comme on l'a déja vu, = 0,8722.

La substitution ds toutes ces quantités numériques dans l'équation précédente donne $m = 0{,}00078971$. Ainsi l'on a généralement

$$(R-e)^3 = \frac{2\,l\,Q\,\delta^3\,(0{,}00078971)}{g\,\Pi\,h},$$

et, par conséquent,

$$(R-e)^2 = \left(\frac{2\,l\,Q\,\delta^3\,(0{,}00078971)}{g\,\Pi\,h}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Ou bien, en substituant aux quantités constantes leurs valeurs numériques,

$$(R-e)^2 = \left(\frac{l\,Q\,\delta^3}{h}\right)^{\frac{2}{3}} \times 0{,}0013798.$$

La formule (4) devient donc par la substitution de cette

valeur de $(R-e)^2$,

$$0{,}001398\left(\frac{l'Q\delta^3}{h}\right)^{\frac{2}{3}}=R^2+B(100-T)+C.\left((100)^2-T^2\right)+D.\left((100)^3-T^3\right)+\text{etc.}$$

dans laquelle il ne s'agira plus que de substituer aux quantités l, Q, δ, h et T, les quantités analogues l', Q', δ', h', T'; l'', Q'', δ'', h'', T'', etc., données par autant d'observations que l'on voudra déterminer de coëfficiens B, C, D, etc.

Ces coëfficiens étant déterminés, on aura cette valeur générale de Q :

$$Q=\frac{h}{l\delta^3}\left(\frac{R^2+B.(100-T)+C\left((100)^2-T^2\right)+D.\left((100)^3-T^3\right)}{0{,}001398}+\text{etc.}\right)^{\frac{3}{2}}$$

On la calculera pour un degré quelconque de température, et l'on comparera cette valeur de Q ainsi calculée à celle que l'on aura observée dans les mêmes circonstances; ce qui fera connaître le degré de précision avec laquelle la formule satisfait aux observations, soit qu'on y introduise deux ou trois coëfficiens B, C, D, etc.

Nous appliquerons successivement ce que nous venons de dire aux expériences faites sur les tubes de notre première et de notre seconde série.

Détermination des valeurs numériques de chacun des coëfficiens B, C, D, *d'après les expériences faites avec les tubes de la première série.*

Supposons d'abord que la quantité Q ne soit fonction que des deux premières puissances de la température, nous n'aurons à calculer que les coëfficiens B et C.

Si pour simplifier on fait généralement $\left(\frac{l^2 Q \delta'}{h}\right)^{\frac{1}{3}} = K$, on obtiendra ces deux coëfficiens au moyen des deux formules particulières

$$K_{,} = \frac{R^2 + B.(100 - T_{,}) + C\left((100)^2 - T^2_{,}\right)}{0{,}0013798},$$

$$K_{,,} = \frac{R^2 + B.(100 - T_{,,}) + C\left((100)^2 - T^2_{,,}\right)}{0{,}0013798},$$

et on les obtiendra avec d'autant plus d'exactitude que les valeurs de K satisferont à un plus grand nombre d'observations.

Il est évident en effet que si la théorie que nous avons développée pouvait s'appliquer sans réserve à tous les cas de la nature, les différentes expériences faites au même degré de l'échelle thermométrique donneraient pour K des valeurs constantes. Mais, à cause des erreurs inévitables dans une recherche de ce genre, soit que ces erreurs proviennent de l'imperfection des appareils, soit qu'elles proviennent du défaut de précision de l'observateur, il peut arriver que les valeurs de K dont il s'agit présentent entre elles des inégalités plus ou moins marquées : d'où il suit que pour arriver le plus probablement possible à la détermination la plus exacte des coëfficiens cherchés, il convient d'introduire dans la formule une valeur de cette quantité K moyenne entre toutes celles correspondantes au même degré du thermomètre, sous des charges d'eau et des longueurs de tubes variables.

Quant à la température des expériences qui doivent servir à déterminer les coëfficiens B et C, on conçoit que la loi des

phénomènes sera d'autant mieux représentée par la formule, que les degrés de température de ces expériences seront pris à de plus grandes distances sur l'échelle thermométrique.

Nous choisirons, par exemple, les observations faites au zéro, et à trente-huit degrés de cette échelle.

Les premières sont indiquées dans le III^e^ tableau de notre première série; la charge d'eau, au-dessus de l'orifice, étant de 15 centimètres.

Il est facile de distinguer dans ce tableau celles des observations qui correspondent à un mouvement linéaire; car la propriété caractéristique de ce mouvement consiste, comme il est aisé de le conclure de la formule

$$g\frac{\pi h(D-2e)^3}{16\,lQ}=a,$$

qui en exprime les conditions, en ce que, sous une charge donnée, on a toujours $lQ=$ *constante ;* de sorte que la quantité d'eau écoulée par seconde est précisément en raison inverse de la longueur du tube. Si donc on fait pour toutes les observations du III^e^ tableau les produits lQ, on obtiendra immédiatement la connaissance de celles qui correspondent à des écoulemens linéaires.

On voit que ces produits lQ sont sensiblement égaux pour les observations n^os^ 1, 2, 4, et 6; elles donnent pour valeur moyenne, $lQ=0{,}000001\,9962$; on a donc (1)

$$\frac{lQ\,\delta^3}{h}=0{,}000013308,$$

(1) Les valeurs de la densité δ, que nous avons besoin de calculer, ont

et par conséquent,

$$K_{,} = \left(\frac{1Q\delta^{2}}{h}\right)^{\frac{1}{4}} = 0{,}00056159.$$

De même, pour avoir la valeur de $K_{,,}$, lorsque la température est à trente-huit degrés, je prends les expériences du IX^e^ et du XI^e^ tableau, faites à cette température sous des charges de 15 et 25 centimètres.

Je choisis les n^os^ 1, 2, 3, 4, 5 et 6, du IX^e^ tableau, et j'en déduis une valeur moyenne de $K_{,,} = 0{,}00096273$.

Je choisis en second lieu les quatre premières expériences du XI^e^ tableau, et j'en tire une autre valeur moyenne de $K_{,,} = 0{,}00086246$.

La demi-somme, ou la valeur réduite de ces deux expressions de $K_{,,}$, applicable aux observations des tableaux IX et XI, est, par conséquent

$$K_{,,} = 0{,}00091259.$$

Maintenant, substituant successivement les valeurs réduites

été déduites de la formule donnée par M. Biot, dans le III^e^ volume des Mémoires de la Société d'Arcueil, pag. 233. Nous allons la rappeler :

Soit 1 la densité d'un volume d'eau distillée, lequel soit également exprimé par l'unité à la température de glace fondante, et $1 + V_T$ le même volume à la température T du thermomètre de Réaumur. On détermine, suivant M. Biot, V_T par la formule

$$V_T = -0{,}00005487\,8\,T + 0{,}00001013\,95\,T^2 - 0{,}00000027080\,T^3.$$

Ayant trouvé V_T, on a $\delta = \frac{1}{1+V_T}$; et, comme on connaît la correspondance des différentes échelles thermométriques, on obtient, par une opération très-simple, la densité δ, quelle que soit la graduation du thermomètre employé à mesurer la température.

de $K_{,}$ et de $K_{,,}$ auxquelles nous venons de parvenir dans la formule générale,

$$K(0{,}0013798) = R^{3} + B(100 - T) + C(10000 - T^{2}),$$

on obtient les deux équations de condition

$$0{,}00000219148 + 100\,B + 10000\,C - 0{,}0000007748 = 0,$$
$$0{,}00000219148 + 62\,B + 88556\,C - 0{,}0000012592\,0 = 0,$$

divisant la première par 100, et la deuxième par 62, on a :

$$0{,}0000000219148 + B + 100\,C - 0{,}0000000077458 = 0 \ldots\ldots \text{(I)}$$
$$0{,}0000000353460 + B + 138\,C - 0{,}0000000203095 = 0 \ldots\ldots \text{(II)}$$

retranchant la deuxième de la première, nous avons :

$$-0{,}0000000134312 - 38\,C + 0{,}0000000125637 = 0,$$

d'où l'on tire

$$C = -0{,}0000000022829.$$

Cette valeur de C substituée dans les deux équations (I) et (II) donne

$$B = -0{,}0000000118865.$$

L'équation générale

$$R^{3} + B.(100 - T) + C(10000 - T^{2}) - (0{,}0013798)\,K$$

devient par la substitution de ces valeurs de B et de C, en appelant x le nombre de degrés du thermomètre qui exprime la température,

$$0{,}00000219148 - 0{,}0000000118865\,(100 - x)$$
$$- 0{,}0000000022829\,(10000 - x^{2}) - (0{,}0013798)\,K = 0;$$

ou bien, après avoir réduit et substitué à K sa valeur $\left(\frac{lQ\delta^{2}}{h}\right)^{\frac{2}{3}}$,

$$Q = \frac{h}{l\delta^3}(0{,}00056134 + 0{,}00000086146\,x + 0{,}00000000016545\,x^2)^{\frac{3}{2}}.$$

Nous avons calculé, au moyen de cette formule, les valeurs de Q pour toutes les observations dans lesquelles le mouvement a été reconnu linéaire; le produit de l'écoulement observé, et la quantité Q ainsi calculée, ont été mis en regard, dans deux colonnes consécutives des tables que nous en avons dressées. Une troisième colonne indique la différence de ces deux quantités, et comme ces différences ne sont que de parties fractionnaires très-petites du produit de l'écoulement, il s'ensuit qu'il suffit de s'en tenir aux deux premières puissances de la température dans les applications de notre formule générale pour prouver l'exactitude de la théorie sur laquelle nos explications sont appuyées.

Quoi qu'il en soit, nous allons supposer que la surface annulaire du fluide qui est adhérente à la section transversale du tube, au lieu d'être fonction seulement des deux premières puissances de la température, est encore fonction de la troisième puissance, hypothèse qui exige la détermination des trois coëfficiens B, C, D, de la formule

$$R^2 + B(100 - T) + C(10000 - T^2) + D(1000000 - T^3) - (0{,}0013798)K = 0.$$

Pour y parvenir il faut combiner une troisième observation avec celles qui nous ont déja servi à déterminer les deux coëfficiens B et C.

Je choisis les observations faites à quatorze degrés de température sous des charges de 15 et de 25 centimètres. Elles sont présentées dans les V^e et VIII^e tableaux.

Les expériences n^{os} 1, 2, 3 et 4 du V^e tableau donnent une valeur moyenne de $K_{III} = 0{,}00072596$.

Les expériences n^os 1, 2 et 3, du VIII^e donnent pour K_{m} une valeur moyenne de 0,00073264; ce qui fournit une réduite de $K_{m} = 0,0007293o$. Nous avons ainsi les trois équations particulières,

$$0,00000219148 + 100\,B + 10000\,C + 1000000\,D - 0,00000077458 = 0$$
$$0,00000219148 + 86\,B + 9804\,C + 997256\,D - 0,00000100629 = 0$$
$$0,00000219148 + 62\,B + 8556\,C + 945128\,D - 0,00000125919 = 0$$

faisant les réductions on a,

$$0,00000141690 + 100B + 10000C + 1000000D = 0$$
$$0,00000118519 + 86B + 9804C + 997256D = 0$$
$$0,00000093229 + 62B + 8556C + 945128D = 0$$

ou, après après avoir dégagé la quantité B de ses coëfficiens,

$$(III)\ldots\ldots\ 0,00000001141690 + B + 100\,C + 10000\,D = 0$$
$$(IV)\ldots\ldots\ 0,00000001137812 + B + 114\,C + 11596\,D = 0$$
$$(V)\ldots\ldots\ 0,00000001150365 + B + 138\,C + 15244\,D = 0.$$

Si l'on retranche (IV) de (III), et (V) de (IV), on trouve

$$0,000000000003848 - 14\,C - 1596\,D = 0$$
$$-0,000000000012553 - 24\,C - 3648\,D = 0.$$

Dégageant encore la quantité C de ses coëfficiens, on a

$$(VI)\ldots\ldots\ 0,000000000027485 - C - 114\,D = 0$$
$$(VII)\ldots\ldots\ -0,000000000052304 - C - 152\,D = 0.$$

Et retranchant (VII) de (VI),

$$+0,000000000079789 + 38\,D = 0,$$

d'où l'on tire

$$D + - 0{,}00000000000209971.$$

Cette valeur de D, étant mise dans les équations (VI) et (VII), donne

$$C = + 0{,}00000000267852.$$

Enfin par la substitution de ces valeurs numériques de C et de D, dans les équations (III), (IV) et (V), on obtient

$$B = - 0{,}00000019857 1.$$

La formule générale

$$0 = R^2 + B.(100 - T) + C(10000 - T^2) + D.(1000000 - T^3) - K(0{,}0013798)$$

devient donc, en appelant x le nombre de degrés du thermomètre qui exprime la température,

$$0{,}0000021914 8 - 0{,}0000000198571(100 - x) + 0{,}00000000026685 2(10000 - x^2) - 0{,}00000000000209971(1000000 - x^3) - K(0{,}0013798 = 0;$$

ou après les réductions et la division par 0,0013798,

$$0{,}0005613 7 + 0{,}0000143913x - 0{,}0000001933 99x^2 + 0{,}0000000015217 5x^3 = K;$$

ou bien enfin, en substituant à K sa valeur en Q,

$$Q = \frac{h}{l\delta^{\frac{1}{2}}}(0{,}0005613 7 + 0{,}0000143913x - 0{,}0000001933 99x^2 + 0{,}0000000015217x^3)^{\frac{1}{2}}$$

formule au moyen de laquelle il est aisé de calculer la quantité d'eau écoulée par seconde à une température donnée. Nous l'avons appliquée à toutes nos observations afin d'en pouvoir comparer les résultats, tant à ceux de l'expérience, qu'à ceux calculés au moyen de la première formule.

La table suivante présente les résultats de ces calculs comparatifs.

La première colonne de cette table rappelle le numéro des expériences où le mouvement linéaire s'est manifesté dans chacun des tableaux de la première série.

La deuxième colonne rappelle le volume d'eau écoulé par seconde suivant l'observation qui en a été faite.

La troisième indique le volume de l'écoulement pendant le même temps, calculé au moyen de notre première formule où l'épaisseur de la couche fluide adhérente est supposée seulement fonction des deux premières puissances de la température.

On a porté dans la quatrième colonne les différences entre les résultats de ce calcul et ceux de l'observation.

La cinquième présente les produits de l'écoulement calculés au moyen de notre deuxième formule, où l'on suppose l'épaisseur de la couche fluide fonction des trois premières puissances de la température.

La sixième colonne montre les différences entre les produits de l'écoulement ainsi calculés, et ceux de l'expérience.

Enfin la septième et dernière indique chaque observation sous un numéro d'ordre dans la série de tubes à laquelle elle appartient.

Nous avons pris le mètre linéaire, le mètre superficiel et le mètre cube, pour unités de mesure dans tout le cours de ce Mémoire, de sorte que les produits de l'écoulement, sont toujours exprimés en nombres fractionnaires. Le sixième chiffre décimal représente, par exemple, des centimètres cubes d'eau, ou des grammes. Si on veut transformer ces centimètres cubes en quantités pondérales d'eau distillée, le septième chiffre représente des décigrammes, et ainsi de suite.

Première série de tubes de 0,00296 *de diamètre.*

1re Formule. $Q = \frac{h}{l\delta_{29}}(0{,}00056134 + 0{,}00000086146\,x + 0{,}00000000016545\,x^2)^{\frac{1}{2}}$.

2e Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^3}(0{,}00056137 + 0{,}00001439 13\,x - 0{,}00000001933 99x^2 + 0{,}00000000152175\,x^3)^{\frac{1}{3}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			PREMIER TABLEAU.			
1.	0.0000003106	0.0000003234	— 0.0000000128	0.0000003413	— 0.0000000307	1.
2.	0.0000003603	0.0000003555	+ 0.0000000048	0.0000003752	— 0.0000000149	2.
3.	0.0000004173	0.0000004306	— 0.0000000133	0.0000004501	— 0.0000000328	3.
4.	0.0000005727	0.0000005714	+ 0.0000000013	0.0000005973	— 0.0000000246	4.
5.	0.0000007491	0.0000007130	+ 0.0000000361	0.0000007434	+ 0.0000000057	5.
6.	0.0000010299	0.0000010941	— 0.0000000642	0.0000011850	— 0.0000001551	6.
			II^e TABLEAU.			
1.	0.0000006071	0.0000006270	— 0.0000000199	0.0000006520	— 0.0000000449	7.
2.	0.0000006964	0.0000006895	+ 0.0000000069	0.0000007170	— 0.0000000206	8.
3.	0.0000007801	0.0000007629	+ 0.0000000172	0.0000007933	— 0.0000000132	9.
4.	0.0000008787	0.0000008591	+ 0.0000000196	0.0000008934	— 0.0000000147	10.
5.	0.0000010211	0.0000009768	+ 0.0000000443	0.0000010158	+ 0.0000000053	11.
6.	0.0000011116	0.0000011355	— 0.0000000239	0.0000011776	— 0.0000000660	12.
7.	0.0000011618	0.0000011403	+ 0.0000000215	0.0000011857	— 0.0000000239	13.
8.	0.0000014030	0.0000014212	— 0.0000000182	0.0000014738	— 0.0000000708	14.
9.	0.0000014265	0.0000014212	+ 0.0000000053	0.0000014738	— 0.0000000473	15.
10.	0.0000018967	0.0000019014	— 0.0000000047	0.0000019719	— 0.0000000752	16.
			III^e TABLEAU.			
1.	0.0000008949	0.0000009206	— 0.0000000257	0.0000009343	— 0.0000000394	17.
2.	0.0000009881	0.0000010125	— 0.0000000344	0.0000010274	— 0.0000000393	18.
3.	0.0000011127	0.0000011203	— 0.0000000076	0.0000011368	— 0.0000000241	19.
4.	0.0000012520	0.0000012615	— 0.0000000095	0.0000012801	— 0.0000000281	20.
5.	0.0000014590	0.0000014344	+ 0.0000000246	0.0000014556	+ 0.0000000034	21.
6.	0.0000016839	0.0000016743	+ 0.0000000405	0.0000016992	— 0.0000000653	22.
7.	0.0000019723	0.0000020956	— 0.0000001233	0.0000021266	— 0.0000001543	23.
8.	0.0000025424	0.0000028037	— 0.0000002613	0.0000028452	— 0.0000003028	24.
			IV^e TABLEAU.			
1.	0.0000013368	0.0000012699	+ 0.0000000669	0.0000013334	+ 0.0000000034	25.
2.	0.0000014970	0.0000013961	+ 0.0000001009	0.0000014664	+ 0.0000000306	26.
3.	0.0000016483	0.0000015448	+ 0.0000001035	0.0000016225	+ 0.0000000258	27.
4.	0.0000018365	0.0000017396	+ 0.0000000969	0.0000018271	+ 0.0000000094	28.
5.	0.0000021052	0.0000019779	+ 0.0000001273	0.0000020775	+ 0.0000000277	29.
6.	0.0000023902	0.0000023089	+ 0.0000000903	0.0000024021	— 0.0000000119	30.
7.	0.0000029027	0.0000028897	+ 0.0000000130	0.0000030352	— 0.0000001325	31.

Suite de la première série de tubes.

1re Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^3}(0{,}00056134 + 0{,}00000861\,46\,x + 0{,}00000000\,16545\,x^2)^{\frac{3}{2}}$.

2e Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^3}(0{,}00056137 + 0{,}00000143913\,x - 0{,}00000001\,39399\,x^2 + 0{,}00000000\,152175\,x^3)^{\frac{3}{2}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			V^e TABLEAU.			
1.	0.0000022157	0.0000020231	+ 0.0000001926	0.0000022205	— 0.0000000048	32.
2.	0.0000024231	0.0000022248	+ 0.0000001983	0.0000024419	— 0.0000000188	33.
3.	0.0000026786	0.0000024617	+ 0.0000002169	0.0000027019	— 0.0000000233	34.
4.	0.0000029325	0.0000027721	+ 0.0000001604	0.0000030426	— 0.0000001101	35.
5.	0.0000032467	0.0000031520	+ 0.0000000947	0.0000034595	— 0.0000002128	36.
6.	0.0000036764	0.0000036795	— 0.0000000031	0.0000040384	— 0.0000003620	37.
7.	0.0000043103	0.0000046050	— 0.0000002947	0.0000050542	— 0.0000007439	38.
			VI^e TABLEAU.			
1.	0.0000025252	0.0000023247	+ 0.0000002005	0.0000025453	— 0.0000000201	39.
2.	0.0000025500	0.0000023582	+ 0.0000001917	0.0000025852	— 0.0000000352	40.
3.	0.0000028037	0.0000025935	+ 0.0000002102	0.0000028429	— 0.0000000412	41.
4	0.0000030487	0.0000028696	+ 0.0000001791	0.0000031456	— 0.0000000969	42.
5.	0.0000033633	0.0000032314	+ 0.0000001319	0.0000035422	— 0.0000001789	43.
6.	0.0000037453	0.0000036742	+ 0.0000000711	0.0000040276	— 0.0000002823	44.
7.	0.0000042372	0.0000042891	— 0.0000000519	0.0000047016	— 0.0000004644	45.
			VII^e TABLEAU.			
1.	0.0000029453	0.0000027514	+ 0.0000001939	0.0000030160	— 0.0000000707	46.
2.	0.0000031446	0.0000030257	+ 0.0000001189	0.0000033167	— 0.0000001721	47.
3.	0.0000034642	0.0000033479	+ 0.0000001163	0.0000036699	— 0.0000002057	48.
4.	0.0000038364	0.0000037700	+ 0.0000000664	0.0000041326	— 0.0000002962	49.
5.	0.0000037408	0.0000036802	+ 0.0000000606	0.0000040257	— 0.0000002849	50.
6.	0.0000041841	0.0000041846	— 0.0000000005	0.0000045773	— 0.0000003922	51.
7.	0.0000047278	0.0000049986	— 0.0000002708	0.0000054678	— 0.0000007400	52.
			VIII^e TABLEAU.			
1.	0.0000018518	0.0000016659	+ 0.0000001859	0.0000018286	+ 0.0000000232	53.
2.	0.0000021186	0.0000018941	+ 0.0000002245	0.0000020792	+ 0.0000000394	54.
3.	0.0000023980	0.0000022111	+ 0.0000001869	0.0000024471	— 0.0000000291	55.
4.	0.0000028011	0.0000027673	+ 0.0000000338	0.0000030376	— 0.0000002365	56.
5.	0.0000034722	0.0000037024	— 0.0000002302	0.0000040641	— 0.0000005919	57.

Suite de la première série de tubes.

1re Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^2}(0{,}00056134 + 0{,}00000086146x + 0{,}00000000165545x^2)^{\frac{3}{2}}$.

2e Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^2}(0{,}00056137 + 0{,}00000143913x - 0{,}00000001933999x^2 + 0{,}00000000152175x^3)^{\frac{5}{2}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			IXe TABLEAU.			
1.	0.0000021367	0.0000018391	+ 0.0000002976	0.0000018604	+ 0.0000002763	58.
2.	0.0000023622	0.0000020579	+ 0.0000003043	0.0000020696	+ 0.0000002926	59.
3.	0.0000025252	0.0000023176	+ 0.0000002076	0.0000023171	+ 0.0000002081	60.
4.	0.0000027397	0.0000025641	+ 0.0000001756	0.0000025787	+ 0.0000001610	61.
5.	0.0000031381	0.0000029674	+ 0.0000001707	0.0000029668	+ 0.0000001713	62.
6.	0.0000035129	0.0000034033	+ 0.0000001096	0.0000034227	+ 0.0000000902	63.
			Xe TABLEAU.			
1.	0.0000020950	0.0000018686	+ 0.0000002264	0.0000020298	+ 0.0000000652	64.
2.	0.0000023148	0.0000020549	+ 0.0000002599	0.0000022322	+ 0.0000000826	65.
3.	0.0000025380	0.0000022736	+ 0.0000002644	0.0000024699	+ 0.0000000681	66.
4.	0.0000027770	0.0000025603	+ 0.0000002167	0.0000027813	— 0.0000000043	67.
5.	0.0000031055	0.0000029112	+ 0.0000001943	0.0000031624	— 0.0000000569	68.
6.	0.0000034246	0.0000033983	+ 0.0000000263	0.0000036916	— 0.0000002670	69.
			XIe TABLEAU.			
1.	0.0000028089	0.0000031188	— 0.0000003099	0.0000027834	+ 0.0000000255	70.
2.	0.0000033058	0.0000034909	— 0.0000001851	0.0000030680	+ 0.0000002378	71.
3.	0.0000036321	0.0000038626	— 0.0000002305	0.0000032865	+ 0.0000003456	72.
4.	0.0000037804	0.0000043796	— 0.0000005687	0.0000038227	— 0.0000000418	73.
			XIIe TABLEAU.			
1.	0.0000006181	0.0000005813	+ 0.0000000367	0.0000005983	+ 0.0000000197	74.
			XIIIe TABLEAU.			
1.	0.0000005020	0.0000004505	+ 0.0000000515	0.0000004928	+ 0.0000000092	75.
2.	0.0000005592	0.0000005326	+ 0.0000000266	0.0000005980	— 0.0000000388	76.
3.	0.0000014749	0.0000014410	+ 0.0000000339	0.0000012753	+ 0.0000001996	77.
4.	0.0000015773	0.0000016282	— 0.0000000509	0.0000014836	+ 0.0000000937	78.

On voit, en jetant un premier coup-d'œil sur la table précédente, que les différences entre les produits de l'écoulement donnés par l'expérience et ceux déduits du calcul, soit au moyen de la première formule, soit au moyen de la seconde, sont tantôt positives, et tantôt négatives; ainsi notre théorie est déja justifiée par cela seul que les résultats de ces formules oscillent en quelque sorte autour de ceux de l'observation. Recherchons cependant dans quelles limites le champ de ces oscillations est renfermé.

Examinons d'abord les produits de l'écoulement calculés par notre première formule : le nombre de ceux auxquels correspondent des différences positives, c'est-à-dire de ceux qui sont moindres que les produits observés dans les mêmes circonstances, est de cinquante-trois; si on les ajoute ensemble on trouve leur somme $=0{,}0001410707$.

Le produit moyen de l'écoulement dans les divers cas qui ont été soumis à l'expérience est donc exprimé par

$$\frac{0{,}0001410707}{53} = 0{,}0000026617.$$

La somme des cinquante-trois différences positives correspondantes est de $0{,}0000064186$.

La différence moyenne positive est donc

$$\frac{0{,}0000064186}{53} = 0{,}0000001211;$$

c'est-à-dire que pour ces cinquante-trois expériences la différence moyenne entre les résultats observés et ceux déduits de la formule, n'est que d'environ les $0{,}0454$ de l'écoulement moyen.

Les produits de l'écoulement calculés par la même formule, et auxquels correspondent des différences négatives, c'est-à-dire qui sont plus grands que les produits observés dans les mêmes circonstances, sont au nombre de vingt-cinq, et leur somme = 0,0000618311.

Le produit moyen de l'écoulement dans ces divers cas est, par conséquent,

$$\frac{0,0000618311}{25} = 0,0000024732.$$

La somme des différences négatives correspondantes est de 0,0000028556.

La différence moyenne négative est donc

$$\frac{0,0000028556}{25} = 0,0000001142 ;$$

c'est-à-dire que pour ces vingt-cinq expériences la différence moyenne entre les résultats du calcul et ceux de l'observation n'est encore que d'environ les 0,0461 du produit moyen de l'écoulement.

Ainsi les différences moyennes entre les résultats de l'observation et ceux du calcul sont à très-peu-près les mêmes en plus ou en moins, quand on ne fait dépendre le produit de l'écoulement que des deux premières puissances de la température.

Comparons de la même manière les produits de l'observation à ceux déduits de notre seconde formule dans laquelle la quantité d'eau écoulée est exprimée en fonction des trois premières puissances de la température.

Le nombre des résultats du calcul qui ont été trouvés

moindres que les résultats correspondans de l'observation est de vingt-six, et leur somme est de 0,000503846, ce qui donne pour l'écoulement moyen

$$\frac{0,000503846}{26} = 0,0000019378.$$

La somme des différences positives correspondantes est de 0,0000025204, la différence moyenne positive est, par conséquent,

$$\frac{0,0000025204}{26} = 0,0000000969.$$

Ainsi, pour ces vingt-six expériences, la différence moyenne du produit observé aux produits calculés, est d'environ les 0,0500 de ceux-ci.

Passant aux produits du calcul qui ont été trouvés plus grands que les écoulemens observés dans les mêmes circonstances, on voit que leur nombre est de cinquante-deux, et leur somme de 0,0001279375.

L'écoulement moyen est donc

$$\frac{0,0001279375}{52} = 0,0000024603.$$

La somme des différences négatives est de 0,0000074702, ce qui donne pour la moyenne

$$\frac{0,0000074702}{52} = 0,0000001436,$$

c'est-à-dire environ les 0,0583 du produit moyen de l'écoulement.

Si l'on compare maintenant entre eux les résultats de

nos deux formules, appliqués aux observations qui ont été faites sur les tubes de 0,00296 de diamètre, on en conclut

1° Que la première de ces formules donne généralement pour la valeur de Q des quantités moindres que les écoulemens observés.

2° Que la seconde de ces formules donne au contraire, pour la valeur de Q des quantités plus grandes que les résultats de l'observation.

3° Enfin, que les différences positives ou négatives entre les produits de l'écoulement donnés par l'expérience, et ceux déduits de la première formule, sont moindres que les différences entre les résultats observés et ceux déduits de la deuxième formule.

Détermination des valeurs numériques de chacun des coëfficiens, B, C, D, *d'après les expériences faites avec les tubes de la deuxième série.*

Nous allons appliquer aux expériences faites sur les tubes de la seconde série, les mêmes calculs dont les observations faites sur les tubes de la première ont été l'objet, et nous supposerons d'abord qu'il suffira de déterminer les deux coëfficiens B et C de la formule générale,

$$K(0{,}0013798) = R^2 + B(100 - T) + C(10000 - T^2) + D(1000000 - T^3) + \text{etc.}$$

Prenons l'expérience n° 2 du I^er^ tableau de la seconde série, la température étant à zéro, nous avons

$$K_{,} = 0{,}000263365.$$

Prenons aussi l'expérience n° 2 du XII^e^ tableau, pour laquelle la température est à 38°, nous aurons

$$K_{,,} = 0{,}000412438.$$

Substituant ces valeurs de $K_{,}$ et de $K_{,,}$ dans la formule précédente, ainsi que les valeurs numériques de R^2, de T et de T^2, on a ces deux équations :

$$0{,}000000839854 + 100\,B + 10000\,C - 0{,}000000363390 = 0$$
$$0{,}000000839854 + 62\,B + 8556\,C - 0{,}000000569082 = 0,$$

ou bien

$$0{,}000000476464 + 100\,B + 10000\,C = 0$$
$$0{,}000000270772 + 62\,B + 8556\,C = 0.$$

Divisant la première par 100 et la deuxième par 62, on a

$$0{,}000000000476464 + B + 100\,C = 0 \quad (I),$$
$$0{,}000000000436728 + B + 138\,C = 0 \quad (II);$$

retranchant la deuxième de la première, on obtient

$$0{,}000000000039736 - 38\,C = 0,$$

d'où l'on tire

$$C = 0{,}000000000104565,$$

et

$$B = -0{,}000000000581029.$$

Ainsi la formule générale devient, en appelant x le nombre de degrés du thermomètre centigrade qui exprime la température,

$$0{,}000000839854 - 0{,}000000000581029(100 - x) + 0{,}000000000104565(10000 - x^2) - (0{,}0013798)\,K = 0,$$

ou bien en réduisant,

$$0{,}000000363390 + 0{,}000000000581029\,x - 0{,}000000000104565\,x^2 - (0{,}0013798)\,K = 0.$$

Divisant tous les termes par 0,0013798, on trouve

$$0{,}000263364 + 0{,}000000421016\,x - 0{,}000000000757827\,x^2 - K = 0,$$

ou bien enfin, en substituant pour K sa valeur en Q,

$$Q = \frac{h}{l\delta^3}\,(0{,}000263364 + 0{,}000004210 16x - 0{,}000000007\,57827\,x^3)^{\frac{3}{2}}$$

Nous avons calculé, au moyen de cette formule, les valeurs du produit de l'écoulement Q pour tous les cas particuliers du mouvement linéaire que nous avons observés. En les comparant à celles des produits de l'écoulement qui ont été données par l'observation, on ne remarque encore que de légères différences entre les unes et les autres. Nous allons chercher néanmoins si, en faisant dépendre la valeur de Q d'un troisième terme multiple de la troisième puissance de la température, on obtiendra par le calcul, des expressions de Q encore plus approchantes des résultats de l'expérience.

Il s'agit de combiner une troisième observation avec celle qui ont été faites à 0^{deg}, et à 38 degrés de température, et dont nous venons de nous de servir pour la détermination des deux premiers coëfficiens B et C.

Je choisis celles du VII^{e} tableau faites à $10^{\circ}\frac{25}{100}$ du thermomètre centigrade.

Les expériences n° 2, 3 et 4, de ce tableau sont les seules pour lesquelles la quantité lQ est une quantité constante, et les seules par conséquent que nous puissions employer.

On tire de ces trois observations une valeur moyenne :

$$K_{m} = 0{,}000323174.$$

Nous avons par conséquent les trois équations réduites

$$0{,}000000476464 + 100\,B + 10000\,C + 1000000\,D = 0$$
$$0{,}000000393939 + 89{,}75\,B + 9894{,}938\,C + 998923{,}100\,D = 0$$
$$0{,}000000270772 + 62\,B + 8556\,C + 945128\,D = 0.$$

Divisant la première par 100, la deuxième par 89,75, et la troisième par 62, afin de dégager B de ses coëfficiens, on trouve

$$(\text{III}) \ldots\ldots\ 0{,}000000000476464 + B + 110\,C + 10000\,D = 0$$
$$(\text{IV}) \ldots\ldots\ 0{,}000000000438929 + B + 110{,}25\,C + 11130\,D = 0$$
$$(\text{V}) \ldots\ldots\ 0{,}000000000436728 + B + 138\,C + 15244\,D = 0.$$

Retranchant (IV) de (III), et (V) de (IV), on a d'abord

$$0{,}000000000037535 - 10{,}25\,C - 1130\,D = 0$$
$$0{,}000000000002201 - 27{,}75\,C - 4114\,D = 0.$$

Dégageant ensuite la quantité C de ses coëfficiens, on a

$$(\text{VI}) \ldots\ldots + 0{,}000000000036619 - C - 110{,}25\,D = 0$$
$$(\text{VII}) \ldots\ldots + 0{,}000000000000079315 - C - 148{,}25\,D = 0.$$

Retranchant (VII) de (VI), on obtient

$$0{,}000000000358258 + 38\,D = 0,$$

d'où l'on tire enfin

$$D = -0{,}000000000000094278.$$

La substitution de cette valeur de D dans les deux équations (VI) et (VII) donne

$$C = +0{,}000000000140560.$$

Mettant enfin ces valeurs de C et de D dans les équations (III), (IV) et (V), on en tire

$$B = -0{,}000000000039234.$$

La formule générale devient donc

$$0{,}000000839854 - 0{,}000000009392 34(1000 - x) + 0{,}000000000145 60(10000 - x^2) - 0{,}000000000009 4278(1000000 - x^3) - 0{,}0013798\,K = 0;$$

ou bien après les réductions et la division par 0,0013798,

$$0{,}0002633 90 + 0{,}0000068 0703x - 0{,}0000001 01869x^2 + 0{,}0000000006 83275x^3 - K = 0.$$

Il ne reste plus qu'à mettre à la place de K sa valeur en Q, ce qui donne

$$Q = \frac{h}{l\delta^{\frac{1}{2}}}(0{,}0002633 90 + 0{,}0000068 0703x - 0{,}0000001 01869x^2 + 0{,}0000000006 83275x^3)^{\frac{3}{2}}.$$

Les valeurs de Q déduites de cette formule et celles que nous avons obtenues au moyen de la première sont, ainsi que les produits de l'écoulement observé, rapportées dans la table suivante qui est dressée dans le même ordre que la précédente.

Deuxième série de tubes de 0,00183 *de diamètre.*

1re Formule. $Q=\frac{h}{l\delta^3}(0{,}000263364+0{,}00000421016\,x-0{,}000000007578\,27\,x^2)^{\frac{3}{2}}$.

2e Formule. $Q=\frac{h}{l\delta^3}(0{,}00026339\text{o}+0{,}00000680703-x\,0{,}000000101869\,x^2+0{,}0000000006832\,75\,x^3)^{\frac{3}{2}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			PREMIER TABLEAU.			
1.	0.0000002223	0.0000002394	— 0.0000000171	0.0000002399	— 0.0000000176	1.
2.	0.0000002687	0.0000002695	— 0.0000000008	0.0000002700	— 0.0000000013	2.
3.	0.0000003095	0.0000003082	+ 0.0000000013	0.0000003088	+ 0.0000000007	3.
4.	0.0000003523	0.0000003602	— 0.0000000079	0.0000003608	— 0.0000000085	4.
5.	0.0000004476	0.0000004534	— 0.0000000058	0.0000004734	— 0.0000000258	5.
6.	0.0000004299	0.0000004321	— 0.0000000022	0.0000004329	— 0.0000000030	6.
7.	0.0000006636	0.0000006132	+ 0.0000000504	0.0000006095	+ 0.0000000541	7.
8.	0.0000008693	0.0000008166	+ 0.0000000527	0.0000008116	+ 0.0000000577	8.
9.	0.0000012605	0.0000012218	+ 0.0000000387	0.0000012144	+ 0.0000000461	9.
			IIe TABLEAU.			
1.	0.0000003758	0.0000003944	— 0.0000000186	0.0000004169	— 0.0000000411	10.
2.	0.0000004190	0.0000004439	— 0.0000000249	0.0000004693	— 0.0000000503	11.
3.	0.0000004830	0.0000004964	— 0.0000000134	0.0000005216	— 0.0000000386	12.
4.	0.0000005578	0.0000005801	— 0.0000000223	0.0000006095	— 0.0000000517	13.
5.	0.0000011709	0.0000011359	+ 0.0000000350	0.0000011826	— 0.0000000117	14.
6.	0.0000016789	0.0000016995	— 0.0000000206	0.0000017694	— 0.0000000905	15.
			IIIe TABLEAU.			
1.	0.0000004609	0.0000005115	— 0.0000000506	0.0000005362	— 0.0000000753	16.
2.	0.0000005421	0.0000005756	— 0.0000000358	0.0000006034	— 0.0000000613	17.
3.	0.0000006366	0.0000006584	— 0.0000000218	0.0000006902	— 0.0000000536	18.
4.	0.0000008250	0.0000007912	+ 0.0000000338	0.0000008364	— 0.0000000114	19.
5.	0.0000009816	0.0000009513	+ 0.0000000303	0.0000010057	— 0.0000000241	20.
6.	0.0000015540	0.0000015886	— 0.0000000346	0.0000016757	— 0.0000001217	21.
7.	0.0000022371	0.0000023715	— 0.0000001344	0.0000025071	— 0.0000002700	22.
			IVe TABLEAU.			
1.	0.0000005776	0.0000006185	— 0.0000000409	0.0000006345	— 0.0000000569	23.
2.	0.0000007082	0.0000006961	+ 0.0000000121	0.0000007141	— 0.0000000059	24.
3.	0.0000008241	0.0000007963	+ 0.0000000278	0.0000008168	+ 0.0000000073	25.
4.	0.0000009791	0.0000009304	+ 0.0000000487	0.0000009544	+ 0.0000000257	26.
5.	0.0000011858	0.0000011537	+ 0.0000000321	0.0000012094	— 0.0000000236	27.
6.	0.0000015674	0.0000014469	+ 0.0000001205	0.0000015168	+ 0.0000000506	28.
7.	0.0000019532	0.0000019267	+ 0.0000000265	0.0000020198	— 0.0000000666	09.
8.	0.0000027028	0.0000028807	— 0.0000001799	0.0000030220	— 0.0000003192	30.

Suite de la deuxième série de tubes.

1re Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^3}(0{,}000263364 + 0{,}00000421016x + 0{,}0000000075782 7x^3)^{\frac{1}{2}}$.

2e Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^3}(0{,}000263390 + 0{,}00000680703x - 0{,}00000010186 9x^2 + 0{,}0000000006832 75x^3)^{\frac{1}{2}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			V^e TABLEAU.			
1.	0.0000007406	0.0000007423	— 0.0000000017	0.0000007614	— 0.0000000208	31.
2.	0.0000009021	0.0000008354	+ 0.0000000667	0.0000008569	+ 0.0000000452	32.
3.	0.0000010738	0.0000009555	+ 0.0000001183	0.0000009801	+ 0.0000000937	33.
4.	0.0000012887	0.0000011139	+ 0.0000001748	0.0000011426	+ 0.0000001461	34.
5.	0.0000015291	0.0000013394	+ 0.0000001897	0.0000023739	+ 0.0000001552	35.
6.	0.0000019802	0.0000016797	+ 0.0000003005	0.0000017130	+ 0.0000002572	36.
7.	0.0000024630	0.0000022368	+ 0.0000002262	0.0000022944	+ 0.0000001686	37.
8.	0.0000032446	0.0000033467	— 0.0000001021	0.0000034329	+ 0.0000001883	38.
			VI^e TABLEAU.			
1.	0.0000008598	0.0000009057	— 0.0000000459	0.0000009537	— 0.0000000939	39.
2.	0.0000010200	0.0000010194	+ 0.0000000006	0.0000010733	— 0.0000000533	40.
3.	0.0000011628	0.0000011660	— 0.0000000032	0.0000012277	— 0.0000000649	41.
4.	0.0000014188	0.0000013625	+ 0.0000000563	0.0000014345	— 0.0000000157	42.
5.	0.0000016575	0.0000016344	+ 0.0000000231	0.0000017308	— 0.0000000733	43.
6.	0.0000020748	0.0000020497	+ 0.0000000251	0.0000021581	— 0.0000000833	44.
7.	0.0000026882	0.0000027295	— 0.0000000413	0.0000028739	— 0.0000001847	45.
			VII^e TABLEAU.			
1.	0.0000001393	0.0000001497	— 0.0000000104	0.0000001627	— 0.0000000234	46.
2.	0.0000001830	0.0000001684	+ 0.0000000146	0.0000001831	— 0.0000000001	47.
3.	0.0000002115	0.0000001927	+ 0.0000000188	0.0000002094	+ 0.0000000021	48.
4.	0.0000002422	0.0000002251	+ 0.0000000171	0.0000002447	— 0.0000000025	49.
5.	0.0000003188	0.0000002896	+ 0.0000000292	0.0000003168	+ 0.0000000020	50.
6.	0.0000004452	0.0000003632	+ 0.0000000820	0.0000003973	+ 0.0000000479	51.
			VIII^e TABLEAU.			
1.	0.0000009305	0.0000009298	+ 0.0000000007	0.0000010148	— 0.0000000843	52.
2.	0.0000010934	0.0000010463	+ 0.0000000471	0.0000011420	— 0.0000000486	53.
3.	0.0000012776	0.0000011971	+ 0.0000000805	0.0000013066	— 0.0000000290	54.
4	0.0000015075	0.0000013986	+ 0.0000001089	0.0000015265	— 0.0000000190	55.
5.	0.0000018160	0.0000016360	+ 0.0000001800	0.0000017865	+ 0.0000000295	56.

Suite de la deuxième série de tubes.

1re Formule. $Q=\frac{h}{l\delta^3}(0{,}00263364+0{,}00000421016\,x-0{,}00000000757827\,x^2)^{\frac{3}{2}}$.

2e Formule. $Q=\frac{h}{l\delta^3}(0{,}00263390+0{,}00000680703\,x-0{,}00000010186\,9\,x^2+0{,}00000000683275\,x^3)^{\frac{3}{2}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			IXe TABLEAU.			
1.	0.0000016025	0.0000015320	+ 0.0000000705	0.0000015851	+ 0.0000000174	57.
2.	0.0000018115	0.0000017102	+ 0.0000001013	0.0000017741	+ 0.0000000374	58.
3.	0.0000020950	0.0000020181	+ 0.0000000769	0.0000020710	+ 0.0000000240	59.
4.	0.0000023810	0.0000023404	+ 0.0000000406	0.0000024083	— 0.0000000273	60.
5.	0.0000028169	0.0000029301	— 0.0000001132	0.0000029648	— 0.0000001489	61.
			Xe TABLEAU.			
1.	0.0000012953	0.0000011621	+ 0.0000001332	0.0000011759	+ 0.0000001194	62.
2.	0.0000014970	0.0000013047	+ 0.0000001923	0.0000013202	+ 0.0000001768	63.
3.	0.0000017331	0.0000014962	+ 0.0000002369	0.0000015139	+ 0.0000002192	64.
4.	0.0000020202	0.0000017440	+ 0.0000002762	0.0000017647	+ 0.0000002555	65.
5.	0.0000023041	0.0000021963	+ 0.0000001078	0.0000021359	+ 0.0000001682	66.
6.	0.0000026595	0.0000028003	— 0.0000001408	0.0000027033	— 0.0000000438	67.
			XIe TABLEAU.			
1.	0.0000012038	0.0000011565	+ 0.0000000473	0.0000011660	+ 0.0000000378	68.
			XIIe TABLEAU.			
1.	0.0000002548	0.0000002462	+ 0.0000000086	0.0000002433	+ 0.0000000115	69.
2.	0.0000003078	0.0000003081	— 0.0000000003	0.0000003081	— 0.0000000003	70.
3.	0.0000003840	0.0000003547	+ 0.0000000293	0.0000003568	+ 0.0000000272	71.
4.	0.0000004658	0.0000004248	+ 0.0000000410	0.0000004273	+ 0.0000000385	72.
			XIIIe TABLEAU.			
1.	0.0000007622	0.0000007366	+ 0.0000000256	0.0000007975	— 0.0000000353	73.
2.	0.0000008993	0.0000008308	+ 0.0000000685	0.0000008995	— 0.0000000002	74.
3.	0.0000010587	0.0000009505	+ 0.0000001082	0.0000010292	+ 0.0000000295	75.
4.	0.0000012605	0.0000011106	+ 0.0000001499	0.0000012024	+ 0.0000000581	76.
5.	0.0000015182	0.0000013300	+ 0.0000001882	0.0000014400	+ 0.0000000782	77.
6.	0.0000019083	0.0000016680	+ 0.0000002403	0.0000018059	+ 0.0000001024	78.
7.	0.0000023364	0.0000022212	+ 0.0000001152	0.0000024049	— 0.0000000685	79.

Suite de la deuxième série de tubes.

1re Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^2}(0{,}000263364 + 0{,}0000042101 6x - 0{,}000000757827x^2)^{\frac{5}{2}}$.

2e Formule. $Q = \frac{h}{l\delta^2}(0{,}000263390 + 0{,}0000068070 3x - 0{,}000000101869x^2 + 0{,}000000000683275x^3)^{\frac{5}{2}}$.

Nos des expér.	Produits de l'écoulement observé.	Produits de l'écoulement calculé par la 1re Formule.	Différences.	Produits de l'écoulement calculé par la 2e Formule.	Différences.	Nos d'ordre de la série.
			XIVe TABLEAU.			
1.	0.0000002282	0.0000002205	+ 0.0000000077	0.0000002390	— 0.0000000108	80.
2.	0.0000002854	0.0000002482	+ 0.0000000372	0.0000002689	+ 0.0000000165	81.
3.	0.0000003990	0.0000003317	+ 0.0000000673	0.0000003595	+ 0.0000000395	82.
4.	0.0000007440	0.0000007414	+ 0.0000000026	0.0000007378	+ 0.0000000062	83.
			XVe TABLEAU.			
1.	0.0000002365	0.0000002263	+ 0.0000000102	0.0000002441	— 0.0000000076	84.
2.	0.0000002427	0.0000002311	+ 0.0000000116	0.0000002481	— 0.0000000054	85.
3.	0.0000003056	0.0000002850	+ 0.0000000206	0.0000002859	+ 0.0000000197	86.
4.	0.0000003644	0.0000003235	+ 0.0000000409	0.0000003074	+ 0.0000000550	87.
5.	0.0000004452	0.0000004186	+ 0.0000000266	0.0000003444	+ 0.0000001008	88.
6.	0.0000005494	0.0000004962	+ 0.0000000532	0.0000004416	+ 0.0000001078	89.
			XVIe TABLEAU.			
1.	0.0000002196	0.0000002471	— 0.0000000275	0.0000002709	— 0.0000000513	90.
2.	0.0000002923	0.0000003101	— 0.0000000178	0.0000003297	— 0.0000000374	91.
3.	0.0000003389	0.0000003433	— 0.0000000044	0.0000003533	— 0.0000000144	92.
4.	0.0000006097	0.0000005408	+ 0.0000000689	0.0000004721	+ 0.0000001376	73.
5.	0.0000007485	0.0000007007	+ 0.0000000478	0.0000006602	+ 0.0000000883	94.

Les expériences faites sur l'écoulement par des tubes de $0^m{,}00183$ de diamètre donnent lieu à des remarques analogues à celles auquelles ont donné lieu les expériences faites sur l'écoulement par des tubes de $0^m{,}00296$ de diamètre.

Prenant dans notre dernière table produits de l'écoulement calculés par la première formule, et qui ont été trouvés moindres que les produits observés correspondans, on

trouve qu'ils sont au nombre de soixante-cinq et l'on obtient pour leur somme 0,0000657597, on a donc, pour l'écoulement moyen,

$$\frac{0,0000657597}{65} = 0,0000010116.$$

La somme des différences positives est de 0,0000049125, ce qui donne pour la différence moyenne,

$$\frac{0,0000049125}{65} = 0,0000000755,$$

c'est-à-dire que cette différence entre les produits observés et les produits calculés, est exprimée par les 0,0746 de ceux-ci.

La somme des produits de l'écoulement trouvés par le calcul plus grands que ceux donnés par les observations correspondantes, = 0,00003o5346, et leur nombre est de vingt-neuf; ainsi l'on a pour l'écoulement moyen

$$\frac{0,00003o5346}{29} = 0,0000010529.$$

La somme des différences négatives est de 0,0000011379, ce qui donne pour la différence négative moyenne,

$$\frac{0,0000011379}{29} = 0,0000000392;$$

c'est-à-dire les 0,0374 du produit moyen calculé.

Si l'on passe maintenant aux écoulemens qui ont été trouvés par la deuxième formule moindres que ceux donnés par l'observation, on trouve les sommes = 0,0000455956 et leur nombre de quarante-trois, ce qui donne pour produit

d'écoulement moyen,

$$\frac{0,0000455956}{43} = 0,0000010603.$$

La somme des différences négatives est de 0,00000335o5, et par conséquent la différence négative moyenne,

$$\frac{0,00000335o5}{43} = 0,0000000779,$$

ce qui revient anx 0,0734 du produit moyen calculé.

Quant aux applications de la deuxième formule on trouve que le nombre des écoulemens qui ont été trouvés plus grands que ceux donnés par l'observation est de cinquante-un, et leur somme de leur somme = 0,0000540661 ; l'écoulement moyen est donc exprimée par

$$\frac{0,0000540661}{51} = 0,0000010601.$$

D'un autre côté, la somme des différences négatives est de 0,0000026488, et par conséquent la différence négative moyenne est

$$\frac{0,0000026488}{51} = 0,0000000558,$$

ou bien équivalente aux 0,0526 du produit calculé.

De la comparaison entre les résultats de nos deux formules, appliquées aux observations qui ont été faites sur les tubes de la deuxième série, on conclut :

1° Que la première de ces formules donne généralement pour la valeur de Q des quantités moindres que les écoulemens observés.

2° Qu'au contraire la deuxième de ces formules donne pour la valeur de Q des quantités plus grandes que les résultats de l'observation.

3° Que les différences positives entre les produits observés, et ceux déduits de la première formule, sont à très-peu-près égales aux différences positives entre les résultats de l'observation et ceux déduits de la deuxième formule; tandis que les différences négatives entre les écoulemens observés et les écoulemens correspondans, calculés par la première formule, sont beaucoup moindres que les différences négatives déduites du calcul de la seconde; ce qui s'accorde avec les remarques auxquelles nous avons été conduits par les calculs qui ont été faits sur la première série de tubes.

On tire de ces remarques, qui s'étendent à cent soixante-douze expériences faites sur deux séries de tubes de diamètre différent, cette conclusion générale : que *le rapport entre les produits de l'écoulement linéaire de l'eau, par des tubes capillaires de cuivre, et la température du fluide est donné avec une exactitude suffisante par l'équation d'une courbe du second degré.*

Nous ajouterons à cette conclusion que puisque les signes positifs ou négatifs dont sont affectées les différences qui ont été trouvées entre les produits de l'écoulement observés et ceux calculés par nos deux formules, ne sont assujétis à aucune loi qui dépende elle-même de la température, de la hauteur d'eau au-dessus de l'orifice ou de la longueur des tubes; il s'ensuit évidemment que ces différences ne doivent point être attribuées à l'inexactitude de la théorie exposée dans ce Mémoire, mais qu'elles proviennent, soit des erreurs qui peuvent affecter les observations spéciales dont on s'est

servi pour déterminer les coëfficiens constans des puissances successives de la température, soit des erreurs qui peuvent s'être glissées dans chacune des observations particulières dont le résultat a été comparé à celui du calcul.

En effet, si dans les observations faites à zéro, à quatorze, et à trente-huit degrés de température, d'après lesquelles nous avons déterminé les coëfficiens constans B, C, D.... de nos formules générales, il s'est glissé quelque erreur qui porte, ou sur la température, ou sur la quantité de l'écoulement, on conçoit que cette erreur affectera ces coëfficiens constans, et, par suite, tous les produits de l'écoulement que nous avons calculés.

De même si, en admettant que ces observations spéciales aient été faites avec le degré de précision dont elles sont susceptibles, il se trouve quelques inexactitudes dans celles dont on compare les résultats immédiats avec ceux du calcul; il est clair qu'il devra se manifester entre ces derniers résultats et ceux de l'expérience quelques différences en plus ou en moins ainsi que nos tableaux en présentent : or deux causes principales d'erreurs peuvent affecter nos observations.

La première tient à la difficulté d'assigner, avec une précision rigoureuse au moyen de notre appareil, la température du fluide en expérience lorsque cette température est élevée artificiellement. La durée de chacune de nos observations a toujours été de plusieurs minutes, et, pendant cette durée, il est arrivé quelquefois que la température du fluide a varié de plusieurs degrés; pour la ramener à un degré fixe nous avons supposé que l'expérience avait été faite à une température moyenne entre celle du commencement et

celle de la fin de l'observation, mais cette hypothèse, qui suffit pour constater d'une manière générale l'influence de la température sur les produits de l'écoulement, ne suffit plus quand il s'agit d'assigner la loi suivant laquelle cette influence s'exerce; aussi nos plus grandes anomalies correspondent-elles aux observations pendant lesquelles la température élevée artificiellement a éprouvé la plus grande variation.

La deuxième cause des légères différences que présentent les produits de l'écoulement observés, et ceux qui ont été calculés, peut provenir de l'expression même de la densité de l'eau telle que nous l'avons introduite dans nos formules. En effet nous avons fait voir que les physiciens ne sont point d'accord entre eux sur cette expression, et il serait possible que de nouvelles expériences directes, faites avec un aréomètre approprié et plus en grand que celles qui ont été publiées jusqu'à-présent, rectifiassent les bases de la formule dont nous nous sommes servis pour déterminer la densité de l'eau à différentes températures.

Au reste quand on voudra, au moyen de la théorie développée dans ce Mémoire, assigner les rapports existans entre le diamètre d'un tube capillaire, sa longueur, l'abaissement de son orifice de sortie au-dessous de la surface du fluide dans le réservoir d'où il s'écoule, le degré de température de ce fluide, et la quantité de l'écoulement linéaire par seconde, il faudra déterminer les coëfficiens constans des deux ou des trois premières puissances de la température, à l'aide d'un certain nombre d'observations spéciales qui fourniront toujours pour ces coëfficiens des valeurs d'autant plus propres à satisfaire aux phénomènes que ces observations

seront faites à des distances plus éloignées les unes des autres sur l'échelle thermométrique.

§ III.

Détermination numérique de l'épaisseur de la couche fluide qui tapisse l'intérieur des tubes.

Les valeurs numériques des coëfficiens B, C, D, étant déterminés pour les deux séries de tubes qui ont été soumises à l'expérience, on peut aisément, au moyen de la formule générale donnée ci-dessus,

$$e = R - \sqrt{R^2 + B(100 - T) + C(10000 - T^2) + D(1000000 - T^3) + \text{etc.}},$$

assigner l'épaisseur de la couche fluide adhérente à la paroi intérieure des tubes. Or nous aurons évidemment deux valeurs différentes de cette épaisseur, suivant que nous la supposerons fonction des deux ou des trois premières puissances de la température.

Dans le premier cas, et pour le tube de 0,00296 de diamètre, on a

$$B = -0{,}000000011886\,5,$$
$$C = -0{,}000000000022820.$$

On a, dans le deuxième cas,

$$B = -0{,}000000019857\,1,$$
$$C = +0{,}000000000266852,$$
$$D = -0{,}000000000020997\,1.$$

Pour les tubes de 0,00183, de diamètre, on a d'abord,

$$B = -0{,}000000058102\,9,$$
$$C = +0{,}000000000010456\,5;$$

et ensuite,

$$B = -0{,}000000009\,49234,$$
$$C = +0{,}000000000\,140560,$$
$$D = -0{,}000000000\,000\,94278;$$

ce qui donne, pour chacune des hypothèses dans l'une et l'autre série, les quatre formules suivantes, où, comme dans ce qui précède, x représente le nombre de degrés de température pris sur le thermomètre centigrade.

Tubes de $0{,}00296^{m}$ *de diamètre.*

Première formule.

$$e = 0{,}00148036 - \sqrt{0{,}000000077454 + 0{,}000000001\,18865\,x + 0{,}000000000\,022829\,x^2}.$$

Deuxième formule.

$$e = 0{,}00148036 - \sqrt{0{,}000000077458 + 0{,}000000001\,98571\,x - 0{,}000000000\,266852\,x^2 + 0{,}000000000\,020971\,x^3}.$$

Tubes de 0,00183 *de diamètre.*

Première formule.

$$e = 0{,}00091641 - \sqrt{0{,}000000036\,3390 + 0{,}000000000\,581029\,x - 0{,}000000000\,104565\,x^2}.$$

Deuxième formule.

$$e = 0{,}00091641 - \sqrt{0{,}000000036\,3440 + 0{,}000000000\,939234\,x - 0{,}000000000\,140560\,x^2 + 0{,}000000000\,000\,94278\,x^3}.$$

Au moyen de ces quatre formules nous avons calculé les épaisseurs de la couche fluide adhérente à l'intérieur des tubes, de cinq en cinq degrés, depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante, et nous avons présenté les résultats de ce calcul dans les deux tableaux suivans.

Première série de tubes.

Degrés de température.	Épaisseur de la couche fluide adhérente aux parois du tube, calculée par la 1re Formule.	Différences.	Épaisseur de la couche fluide adhérente aux parois du tube, calculée par la 2e Formule.	Différences.
0.	0.0006002800		0.0006002800	
		0.0000333258		0.0000512934
5.	0.0005669540		0.0005489866	
		0.0000330021		0.0000425995
10.	0.0005339521		0.0005063871	
		0.0000323533		0.0000357163
15.	0.0005015988		0.0004706708	
		0.0000318830		0.0000303865
20.	0.0004697158		0.0004402843	
		0.0000314549		0.0000262221
25.	0.0004382609		5.0004140622	
		0.0000310646		0.0000230814
30.	0.0004071963		0.0003909808	
		0.0000307076		0.0000208449
35.	0.0003764887		0.0003701359	
		0.0000303803		0.0000194280
40.	0.0003461084		0.0003507079	
		0.0000300770		0.0000187692
45.	0.0003160314		0.0003319387	
		0.0000297677		0.0000188154
50.	0.0002862337		0.0003131233	
		0.0000295379		0.0000195226
55.	0.0002566958		0.0002936007	
		0.0000292978		0.0000208465
60.	0.0002273980		0.0002727542	
		0.0000290736		0.0000227207
65.	0.0001983244		0.0002500335	
		0.0000288637		0.0000251838
70.	0.0001694607		0.0002248497	
		0.0000286681		0.0000280529
75.	0.0001407926		0.0001967968	
		0.0000284845		0.0000313550
80.	0.0001123081		0.0001654418	
		0.0000283120		0.0000350099
85.	0.0000839961		0.0001304319	
		0.0000281497		0.0000389563
90.	0.0000558464		0.0000914756	
		0.0000279981		0.0000431296
95.	0.0000278483		0.0000483460	
		0.0000278432		0.0000474587
100.	0.0000000051		0.0000008876	

Deuxième série de tubes.

Degrés de température.	Épaisseur de la couche fluide adhérente aux parois du tube, calculée par la 1re Formule.	Différences.	Épaisseur de la couche fluide adhérente aux parois du tube, calculée par la 2e Formule.	Différences.
0.	0.0003130000		0.0003135600	
		0.0000228327		0.0000351201
5.	0.0002901673		0.0002784399	
		0.0000221760		0.0000285477
10.	0.0002679913		0.0002498922	
		0.0000210521		0.0000233195
15.	0.0002469392		0.0002265727	
		0.0000200312		0.0000191124
20.	0.0002269080		0.0002074603	
		0.0000190965		0.0000157088
25.	0.0002078115		0.0001917515	
		0.0000182358		0.0000130168
30.	0.0001895757		0.0001787347	
		0.0000174377		0.0000108260
35.	0.0001721380		0.0001679087	
		0.0000166959		0.0000095039
40.	0.0001554421		0.0001584048	
		0.0000159998		0.0000083958
45.	0.0001394423		0.0001500090	
		0.0000153478		0.0000072290
50.	0.0001240945		0.0001427800	
		0.0000147315		0.0000084722
55.	0.0001093630		0.0001343078	
		0.0000141496		0.0000082148
60.	0.0000952134		0.0001260930	
		0.0000135968		0.0000090495
65.	0.0000816166		0.0001170435	
		0.0000130600		0.0000102859
70.	0.0000685566		0.0001067576	
		0.0000125792		0.0000119016
75.	0.0000559774		0.0000948560	
		0.0000120874		0.0000138858
80.	0.0000438900		0.0000809702	
		0.0000116276		0.0000161492
85.	0.0000322624		0.0000648210	
		0.0000111836		0.0000187546
90.	0.0000210788		0.0000460664	
		0.0000107582		0.0000215520
95.	0.0000103206		0.0000245144	
		0.0000101038		0.0000245402
100.	0.0000001568		0.0000000258	

Le tableau relatif aux expériences faites sur notre première série de tubes, est divisé en cinq colonnes :

La première indique les degrés de température de cinq en cinq, depuis zéro jusqu'à cent.

La seconde indique l'épaisseur correspondante de la couche fluide adhérente à la paroi intérieure du tube, calculée par la première formule qui, pour cette série de tubes, est une équation à l'hyperbole rapportée à son second axe.

On a porté dans la troisième colonne les différences successives des épaisseurs ainsi calculées. On voit qu'elles décroissent de plus en plus, depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de la vaporisation. Ce décroissement des différences est cependant très-peu sensible, puisque de 0° à 100° elles ne varient que de 0,000033 à 0,000028 ; d'où il suit évidemment que l'hyperbole, dont notre formule est l'équation, approche beaucoup d'une ligne droite.

La quatrième colonne du tableau indique les épaisseurs de la couche fluide adhérente calculées de cinq en cinq degrés, d'après notre seconde formule laquelle appartient à une cour du troisième degré.

Enfin la cinquième colonne montre les différences successives des ordonnées, de cette courbe, c'est-à-dire des épaisseurs calculées. On voit que la courbe qui représente la loi de ces épaisseurs doit avoir un point d'inflexion correspondant à la température de 45 degrés environ.

Si l'on compare les épaisseurs de cette couche fluide calculées par nos deux formules, on remarque qu'indépendamment des deux points extrêmes de l'échelle thermométrique où ces épaisseurs sont nécessairement les mêmes, il y a encore un degré intermédiaire de température où elles

coïncident. Ce point est placé entre le 35^{e} et le 40^{e} degré. C'est le point d'intersection des deux courbes auxquelles nos deux formules appartiennent, en supposant l'une et l'autre courbes décrites sur un axe commun.

Le tableau relatif aux expériences faites sur notre seconde série de tubes, est aussi formé de cinq colonnes portant les mêmes titres que celles du précédent.

On voit d'abord que pour cette série de tubes, l'équation du deuxième degré d'après laquelle les épaisseurs de la couche fluide adhérente à la paroi ont été calculées appartient à une ellipse, tandis que la formule du même degré par laquelle nous avons déterminé les épaisseurs des couches fluides adhérentes aux parois des tubes de la première série, est une équation à l'hyperbole.

Les différences successives de ces épaisseurs décroissent de plus en plus à mesure que la température s'élève, ainsi que le montre la troisième colonne du tableau.

La quatrième colonne indique les épaisseurs de la couche fluide qui mouille l'intérieur du tube calculées par notre formule du troisième degré. Tous ses termes étant affectés des mêmes signes que les termes correspondans de la formule du même degré qui nous a servi à calculer les épaisseurs de la couche fluide, adhérente à la paroi des tubes de la première série, il est clair que les courbes auxquelles l'une et l'autre appartiennent, sont de la même espèce et ne diffèrent que par leurs paramètres.

On voit aussi, en parcourant les différences successives portées dans la cinquième colonne, que la courbe qui représente la loi de variabilité des épaisseurs de la couche

fluide adhérente s'infléchit en un point qui correspond à la température de 50 degrés environ.

En comparant les épaisseurs de la couche fluide adhérente aux parois des tubes de la deuxième série, telles qu'elles ont été calculées par nos deux formules, on observe encore que les courbes du deuxième et du troisième degré, dont ces formules sont les équations, ont entre les limites de leur axe commun, à zéro et à cent degrés du thermomètre, un point d'intersection qui se trouve, comme pour les tubes de la première série, entre 35 et 40 degrés de température : circonstance qui nous paraît digne d'être remarquée.

Si l'on construit, pour chacune de nos séries de tubes, les courbes auxquelles nos formules appartiennent, en prenant l'échelle thermométrique pour axe commun des abscisses, il sera facile de déterminer graphiquement l'épaisseur e de la couche fluide qui, à une température quelconque, tapisse l'intérieur de l'un de nos tubes, quelque hypothèse que l'on adopte. Après cette détermination, qui sera toujours d'autant plus précise que la courbe aura été construite sur une plus grande échelle, il ne restera qu'à substituer dans la formule générale du mouvement linéaire

$$g\frac{h\pi D^3}{16\,l\,Q}=a=m\,\delta^3,$$

$D-2e$, à la place de D, pour obtenir la quantité Q d'écoulement par seconde, puisque les autres quantités sont observées immédiatement.

En passant d'une série de tubes à l'autre, dans les tableaux précédens, on voit qu'à températures égales, les

épaisseurs des couches fluides qui tapissent les parois intérieures de ces tubes sont moindres dans le petit que dans le grand ; ce qui prouve que ces épaisseurs ne dépendent pas seulement de la température, mais encore du rayon de courbure et de la section transversale du tube par lequel l'écoulement s'opère : or ceci n'aurait pas lieu si l'action de ce tube sur le fluide qui y est contenu ne s'étendait pas à une distance finie de la surface de sa paroi.

Reste à savoir comment le rayon de courbure de la section transversale du tube influe sur l'épaisseur de la couche fluide qui lui reste adherente à une température quelconque. Il est évident qu'il faut chercher la cause de ce fait dans la loi même suivant laquelle s'exerce l'action de la surface intérieure du tube sur le fluide qu'il contient, et nous n'avons point entrepris de nous occuper ici de la recherche de cette loi.

Je terminerai ce Mémoire en présentant quelques considérations générales sur les faits qui y sont exposés, et sur la théorie par laquelle nous avons esssayé de les expliquer.

RÉSUMÉ.

Je me suis proposé, en entreprenant les expériences dont j'ai rendu compte, de déterminer l'adhérence qui retient entre elles les lames d'eau superposées, lorsqu'elles glissent parallèlement les unes sur les autres ; détermination indispensable pour arriver à une solution rigoureuse de tous les problèmes relatifs au mouvement des eaux courantes.

L'expression numérique de cette adhérence que nous

avons désignée par m, a été trouvée de 0,0078971, lorsque la densité de l'eau est égale à l'unité. Or, en examinant l'expression générale de cette adhérence, $m = \frac{g\,\pi\,D^3 h}{16\,\delta^3 l Q}$, on voit que c'est une force de la même nature que la gravité g; car la fraction $\frac{\pi\,D^3 h}{16\,\delta^3 l Q}$, qui multiplie la gravité dans cette expression, est un simple rapport numérique, puisque le premier facteur de cette fraction $\frac{\pi}{16\,\delta^3}$ est un nombre abstrait, et que le second facteur $\frac{D^3 h}{l Q}$ a son numérateur et son dénominateur des mêmes dimensions.

Il suit de-là que l'adhérence des couches fluides contiguës, ou, ce qui est la même chose, la force avec laquelle elles s'attirent en tout sens, à la surface de la terre et sous la pression moyenne de notre atmosphère, est à la gravité terrestre comme 789 : 9808795, ou bien comme 1 : 12416. De sorte que cette force d'adhérence est précisément égale à celle avec laquelle un élément quelconque de matière graviterait vers notre globe s'il en était éloigné de cent onze demi-diamètres $\frac{43}{100}$ environ.

Si l'on conçoit une masse d'eau partagée en tranches infiniment minces, parallèles entre elles, l'une quelconque de ces tranches adhérera également par ses deux surfaces opposées aux deux tranches entre lesquelles elle est comprise, ainsi elle sera attirée en sens contraire par deux forces égales, et comme ce raisonnement s'applique naturellement à toutes les tranches élémentaires d'une masse fluide indéfinie, on voit clairement comment il arrive que, dans l'état de repos, l'adhérence mutuelle des couches d'une semblable

masse n'exerce aucune influence sur les phénomènes de la gravité.

Mais si, au lieu de supposer cette masse fluide indéfinie, on la suppose renfermée entre des parois solides qu'elle soit susceptible mouiller, une couche plus ou moins épaisse est attirée vers ces parois, et cédant à l'action que leur surface exerce sur elle, elle leur demeure adhérente après que le reste de la masse fluide s'est écoulée par une cause quelconque.

Cet effet est particulièrement rendu sensible, comme nous l'avons vu, pendant l'écoulement de l'eau dans des tubes d'un petit diamètre. Une couche de ce fluide reste adhérente à la surface intérieure de ces tubes, et cette couche devient d'autant plus épaisse que sa densité augmente par l'abaissement de sa température.

Quelle que soit au reste cette densité, il est évident qu'un élément quelconque de cette couche parallèle à la paroi du tube n'est retenu à cette paroi solide que par l'action même de sa surface, puisque les adhérences de cet élément, aux deux tranches fluides contiguës, se détruisent mutuellement.

Il suit de-là que l'épaisseur de la couche fluide qui tapisse l'intérieur du tube dans une circonstance donnée, est précisément égale au rayon de la sphère d'activité d'un point matériel de la surface intérieure de ce tube.

Ainsi la surface suivant laquelle le fluide en mouvement dans le tube se détache de la couche qui reste adhérente à sa paroi solide, est la limite où s'arrête l'action de cette paroi, et à laquelle, en allant vers le centre, l'équilibre commence à s'établir entre les adhérences mutuelles des couches fluides contiguës.

D'un autre côté, quelle que soit la loi de variabilité suivant laquelle sont attirées, par la paroi du tube, les divers élémens concentriques de la couche fluide qui en tapisse l'intérieur, il est évident que le maintien de la loi de continuité préexistante à toutes les autres, exige que cette action de la paroi diminue d'intensité à mesure que l'élément de la couche fluide sur lequel elle s'exerce en est plus éloigné; donc, à partir de la surface limite dont nous venons de parler, jusqu'à celle de la paroi du tube, les tranches fluides concentriques pèsent de plus en plus les unes sur les autres, ou, ce qui est la même chose, s'attirent avec plus de force par l'action de la paroi solide qui se transmet de l'une à l'autre.

Si le fluide qui mouille la surface d'un corps solide, et qui lui forme une sorte d'atmosphère, était compressible, il arriverait donc que la couche de ce fluide, immédiatement contiguë à la surface mouillée, serait plus comprimée et par conséquent plus dense que les couches suivantes dont la densité diminuerait de couche en couche jusqu'à la limite de cette atmosphère.

Mais si le fluide qui la constitue est incompressible comme l'eau et les autres liquides, les couches de cette atmosphère conservent la même densité dans toute son épaisseur, il arrive seulement alors qu'elles s'attirent ou se pressent mutuellement comme une suite de lames solides et dures posées horizontalement les unes sur les autres, et qui seraient douées de pesanteurs spécifiques, variables entre elles dans un certain rapport.

Que l'on conçoive maintenant, suspendues dans l'épaisseur de la couche liquide qui adhèrent à la surfarce d'un corps solide et qui en forme l'atmosphère, des molécules

matérielles susceptibles elles-mêmes d'être mouillées par ce liquide. Ces molécules éprouveront les mêmes pressions que les tranches élémentaires liquides dans lesquelles elles se trouvent placées. Elles peseront donc d'autant plus sur la surface solide mouillée qu'elles en seront plus rapprochées, et comme aucune force ne contrebalance celle avec laquelle elles tendent à y tomber, elles y tomberont en effet, et, si elles sont en quantité suffisante, elles formeront une couche continue dont les élémens se disposeront entre eux de la manière la plus convenable à la figure qu'ils affectent.

Cette couche solide continue devient elle-même, à son tour, une surface d'attraction sur laquelle viennent se déposer de nouvelles molécules matérielles.

On explique par cette théorie la formation de la glace dans les vases qui contiennent un liquide quelconque susceptible de se congeler à une température donnée; on sait en effet que la congélation commence sur le fond et les parois de ces vases, ainsi qu'à la surface du liquide. Car à cette surface, et sur une épaisseur égale au rayon de la sphère d'activité de chaque molécule, les tranches élémentaires du liquide sont attirées du dehors au dedans avec beaucoup plus de force que ne sont attirées mutuellement, les unes par les autres, les tranches élémentaires parallèles placées dans l'intérieur du fluide. Cette plus grande attraction qu'exercent entre elles les tranches de la surface extérieure y détermine la formation de cette espèce de pellicule dont M. le comte de Rumfort a constaté l'existence par une suite d'observations qu'il a soumises à la première classe de l'Institut il y a quelques années.

C'est aussi dans l'épaisseur de cette pellicule que se forment,

comme dans la couche contiguë aux parois du vase, les premiers cristaux qui apparaissent dans une dissolution saline.

On conçoit que si une substance solide, dont la surface est susceptible d'être mouillée par une semblable dissolution, est plongée dans ce liquide, l'action qu'elle exerce sur l'atmosphère liquide qui l'enveloppe détermine la cristallisation dans l'étendue de cette atmosphère, plus promptement que dans le reste de la liqueur; et comme à mesure que les cristaux se forment leur surface reste mouillée par le fluide, et exerce son action à une certaine distance, ces cristaux deviennent eux-mêmes les bases de cristallisations nouvelles qui continuent de se grouper autour du noyau solide qui a été plongé dans la dissolution.

C'est ainsi que s'expliquent les expériences de Leblanc (1), et toutes celles de cristallisation qui s'y rapportent.

C'est ainsi qu'on explique également pourquoi, suivant l'observation de M. Ch. Blagden (2). Les parties terreuses qui restent suspendues dans l'eau, et qui détruisent sa transparence, déterminent la congélation au terme où elle peut s'opérer. Chacune de ces molécules terreuses est en effet enveloppée d'une atmosphère liquide dont tous les élémens, attirés par cette molécule, se pressent autour d'elle de la même manière que les élémens de la couche liquide adhé-

(1) Voy. les Journaux de Physique publiés depuis 1787 jusqu'en 1792, et le Mémoire intitulé *De la Cristallotechnie ou Essai sur les Phénomènes de la Cristallisation*, publié en l'an X (1802).

(2) *Experiments on the cooling of Water, below its freezing point. by ch.* Blagden (Philosophical transactions for the year 1788, p. 125 et suiv.).

rente aux parois d'un vase se pressent vers ces parois, ce qui y détermine la congélation plutôt que dans le reste du liquide ; si donc sa transparence est troublée par la suspension de molécules qu'il soit susceptible de mouiller, la congélation aura lieu simultanément dans toutes les atmosphères de ces molécules, tandis qu'elles ne s'opère que successivement depuis les parois jusqu'au centre lorsque la liqueur conserve sa limpidité.

Le rayon de ces atmosphères c'est-à-dire, le rayon de la sphère d'activité des molécules matérielles suspendues dans un fluide, est d'autant plus grand, comme nos expériences le prouvent, que ce fluide est plus dense ; d'où il suit que lorsqu'une dissolution saline, telle, par exemple, qu'une dissolution de sulfate de soude ou de nitrate de potasse, se cristallise par refroidissement, la cristallisation n'a pas lieu seulement parce que l'abaissement de la température, en condensant cette dissolution, en rapproche toutes les parties, mais encore sur-tout parce que la distance à laquelle peut s'exercer l'action de chaque molécule saline se trouve considérablement accrue par l'effet de ce refroidissement, c'est-à-dire par l'effet de l'augmentation de densité du liquide.

Je crois avoir suffisamment prouvé, par les expériences dont j'ai rendu compte et les explications que j'en ai données :

1° Que l'action de la surface d'un corps solide sur un liquide qui le mouille, s'étend au-delà de cette surface à une distance sensible, et susceptible, dans certaines circonstances, d'être déterminée avec une exactitude rigoureuse ;

2° Que le rayon de la sphère d'activité de chaque point

de cette surface sur le liquide contigu, augmente avec la densité de ce liquide, mais dans un rapport considérablement plus grand.

Si, comme M. Berthollet, notre illustre confrère, l'a remarqué le premier (1), la différence entre l'affinité chimique et l'adhérence physique n'est point fondée, c'est dans le champ d'observations où je viens d'entrer que se trouve la limite commune de la physique et de la chimie. Ceux qui cultivent ces sciences trouveront, en explorant ce champ avec les connaissances qui leur sont propres, l'explication d'une multitude de phénomènes.

Je ferai connaître, dans un prochain Mémoire, les expériences dont je me suis occupé, sur l'écoulement de fluides de différentes natures, à des températures différentes, par des tubes de verres d'un petit diamètre. J'ose espérer que les résultats nouveaux auxquels je suis parvenu mériteront de fixer quelques instans l'attention de l'Académie.

---

(1) Statique Chimique, tom. 1er, pag. 42.

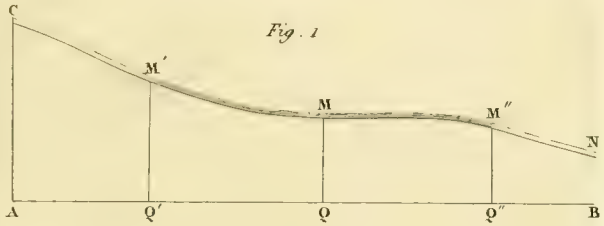


Fig. 1

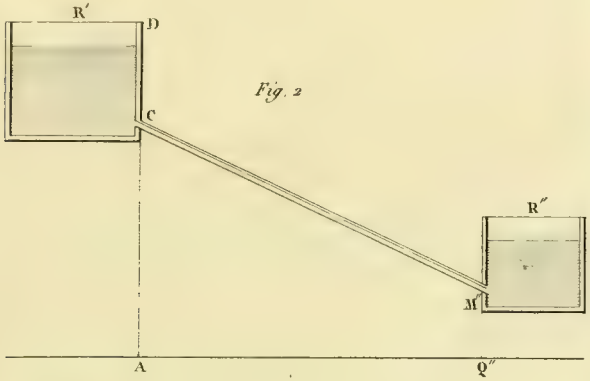


Fig. 2

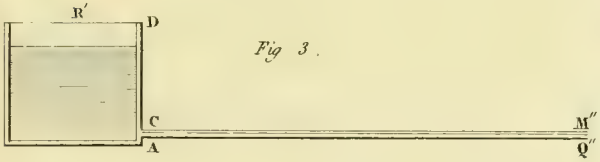
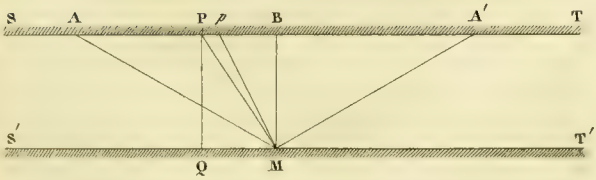


Fig 3.

Fig. 4.



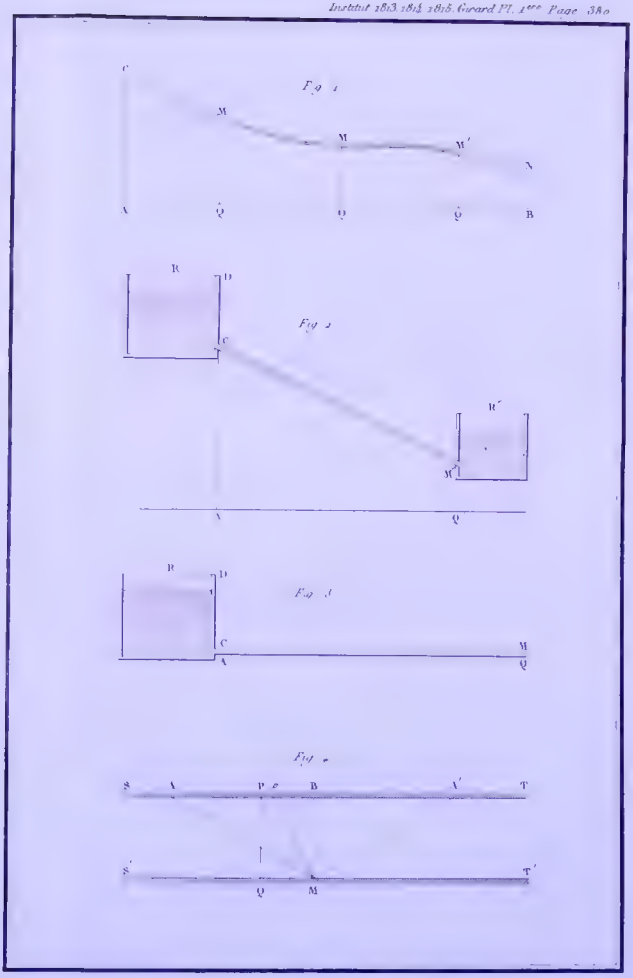
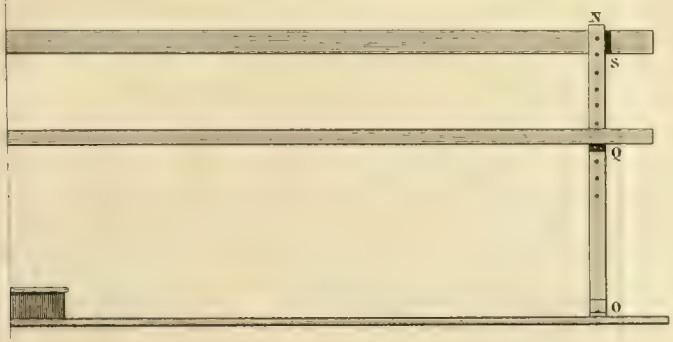


Fig 1
C
M
M
M'
N
A
Q
Q
Q
B
R
D
C
Fig 2
R'
M'
A
Q
R
D
Fig 3
C
M
A
Q
Fig 4
S
A
P
B
A'
T
S'
T'
Q
M

ongitudinale



n

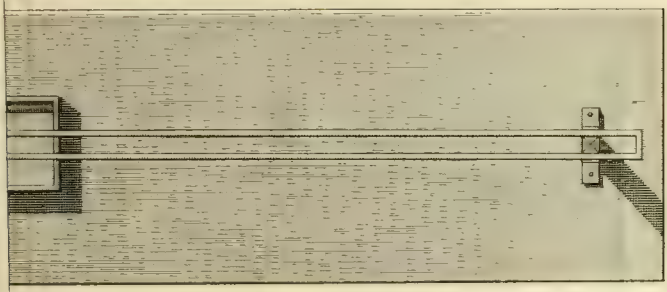
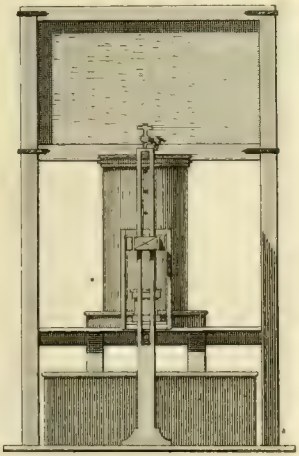
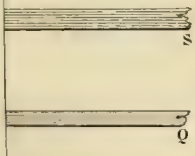


Fig. 4.me Elevation Transversale





d'un Mètre.

Gravé par Adam

Fig. 1.re Elevation Longitudinale

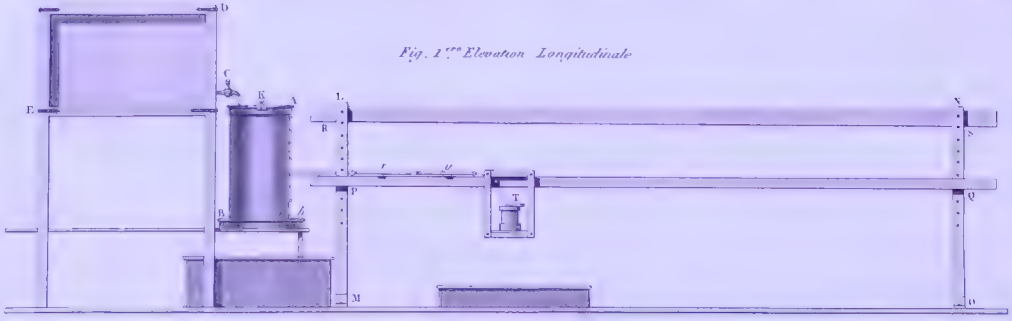


Fig. 2me Plan

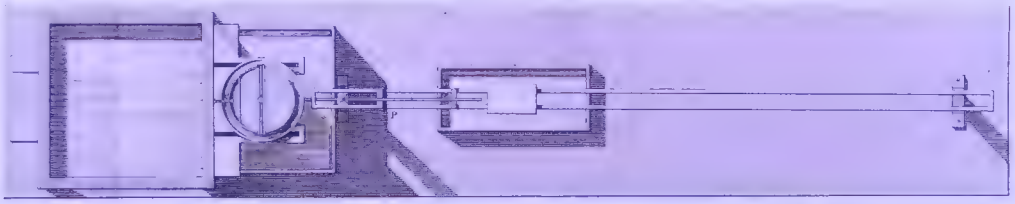


Fig. 4.me Elevation Transversale

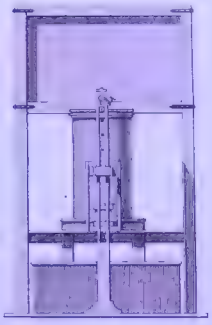
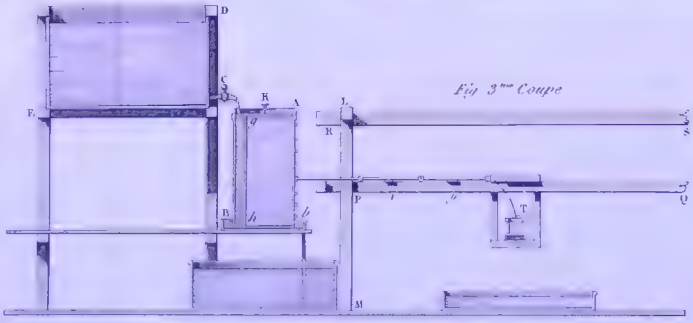


Fig. 3me Coupe



Echelle de 1 Mètre

Fig. 1re.

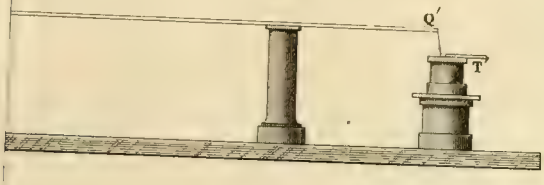


Fig. 2me.

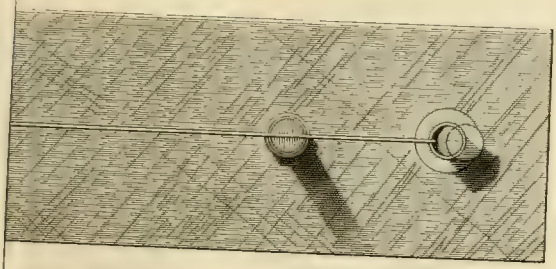
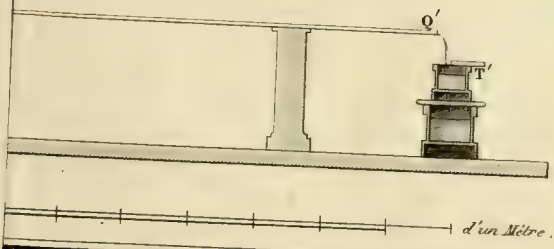


Fig. 3me.



Gravé par Adam

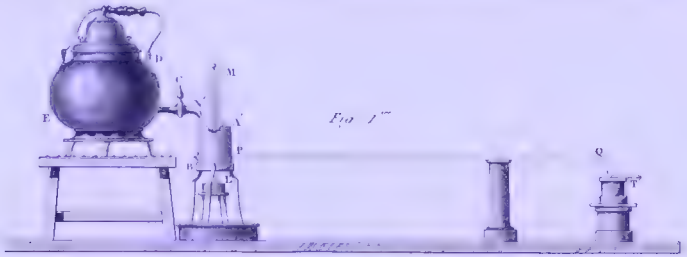


Fig. 1re

Fig. 2me

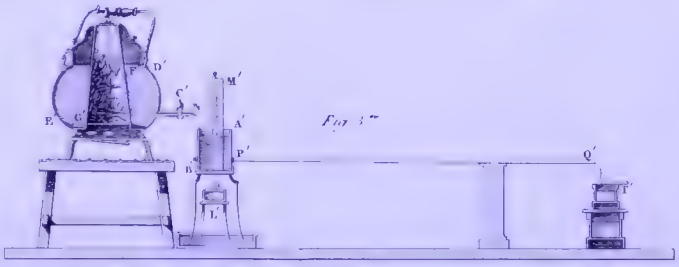


Fig. 3me

Echelle d'un Metre

Dessiné par Adam

EXTRAIT

DE QUELQUES RECHERCHES NOUVELLES

SUR L'ALGÈBRE

ET SUR

LA THÉORIE DES NOMBRES.

PAR M. POINSOT.

Lu à l'Académie des Sciences, le 5 mai 1817.

Il y a déja quelques années (1) que nous avons lu à l'Académie un Mémoire assez étendu sur la théorie générale des permutations. Nous tâchions d'approfondir cette théorie, d'y ajouter de nouveaux principes, et d'en faire quelques applications importantes à l'algèbre et à l'analyse indéterminée. Les mêmes principes se retrouvaient encore en géométrie, dans les propriétés de ces nouvelles figures que nous avons fait connaître (2), et que nous avons rapportées, avec plusieurs spéculations du même genre, à cette partie singulière de la science de l'étendue que Leibnitz a nommée la Géométrie de situation.

(1) Mai 1813. (2) Juillet 1809.

Nous avons repris et continué toutes ces recherches qui sont liées entre elles de la manière la plus intime, et qui ont en général pour objet, *la théorie de l'ordre et de la situation des choses sans aucune considération de la grandeur :* théorie neuve et profonde, dont les élémens nous sont à peine connus, mais qu'on doit regarder comme le premier fondement de l'algèbre, et la source naturelle des principales propriétés des nombres.

Comme nous nous proposons de donner successivement plusieurs Mémoires sur cette matière, nous avons cru qu'il pouvait être utile, en attendant, de présenter à l'Académie une analyse rapide des principaux résultats que nous avons obtenus.

1. Et d'abord, nous avons fait voir comment le système de toutes les permutations possibles de plusieurs choses, peut-être partagé en divers groupes de permutations associées entre elles de manière que, malgré tous les échanges qu'on voudrait faire de ces choses, les permutations d'un même groupe ne pussent jamais se séparer. Et de même on a montré comment chacun de ces groupes principaux pouvait se partager en groupes secondaires de permutations également inséparables ; et ainsi de suite pour les groupes successifs qui se subdivisent d'après les diviseurs du nombre total des permutations. On forme ainsi des tableaux qui offrent sur-le-champ plusieurs conséquences remarquables. Et, par exemple, on sait en algèbre que si l'on cherche à déterminer une fonction quelconque des racines d'une équation proposée, la résultante qui la donne s'élève au degré marqué par le nombre de toutes les permutations que ces racines pourraient offrir sous la fonction que l'on considère ; or il résulte de la théorie précédente que cette

équation élevée n'a point de difficulté supérieure à celle de la proposée elle-même, et qu'elle peut actuellement se résoudre à l'aide d'équations de degrés marqués par les diviseurs de son exposant.

2. Cette première manière d'assembler les permutations, et qui consiste à y mettre une ou plusieurs choses aux mêmes places, est la plus simple et la plus naturelle qui puisse s'offrir : mais, quoiqu'elle abaisse les dègrés des équations jusqu'à celui de la proposée, elle ne peut rien donner sur leur réduction ultérieure. Par cela même qu'on y considère chaque racine comme servant, pour ainsi dire, de chef aux divers groupes, la réduite renferme essentiellement la difficulté du degré marqué par le nombre des racines.

Or nous avons donné une autre manière de grouper les permutations en les faisant naître l'une de l'autre par une même loi ; et nous avons essayé d'assembler de même les différens groupes qui en résultent. Dans les tableaux ainsi formés, on voit sur-le-champ, et sans aucun calcul, pourquoi et comment les équations des quatre premiers degrés peuvent se résoudre ; pourquoi la réduite du 5^e degré, et qui s'élève au 120^e, peut, à l'aide des radicaux cinquièmes et d'une équation *particulière* du 6^e degré, se ramener à une équation du 4^e, comme Lagrange et Vandermonde l'ont reconnu par leurs savantes méthodes. Mais on voit de plus ici que cette dernière équation du 4^e degré n'aurait pas au fond la difficulté de ce degré, mais simplement la difficulté du second ; d'où il résulte que les radicaux cubes qui doivent se trouver dans la formule inconnue du 5^e degré, ne sont point encore en évidence par aucune méthode, et qu'ils sont uniquement renfermés dans l'équation particulière du 6^e degré dont on

vient de parler, et qui a résisté jusqu'ici à tous les efforts des géomètres.

3. On peut remarquer aussi une conséquence nouvelle relative à l'équation *générale* du 4^{e} degré. Les quatre racines donnent lieu à vingt-quatre permutations qui peuvent se conjuguer deux à deux ; ces douze couples s'assemblent aussi deux à deux, et les six groupes qui en résultent se conjuguent encore de la même manière ; ce qui réduit tout le système à trois groupes principaux. Il s'ensuit donc que l'équation du 24^{e} degré, qui donne les vingt-quatre valeurs d'une fonction des quatre racines, peut se résoudre actuellement par des équations des 2^{e} et 3^{e} degrés, et cela, sans faire sur cette fonction aucune hypothèse particulière qui réduise ses vingt-quatre valeurs à trois, en les rendant égales huit à huit. La possibilité de cette résolution tient donc essentiellement à la nature du nombre quatre, qui permet de grouper les vingt-quatre permutations par deux et par trois ; et elle ne tient point au choix qu'on fait de certaines fonctions des racines, et qui offrent moins de valeurs différentes qu'il n'y a de permutations entre ces quatre racines.

Nous trouvons encore, pour le système des vingt-quatre permutations de quatre choses, un tableau remarquable, en ce que les permutations groupées par quatre, y sont de plus réciproques l'une de l'autre à volonté. Ainsi, dans chacun de ces groupes, si l'on considère deux permutations quelconques, on les trouve conjuguées. Les deux autres le sont de la même manière, et ces deux couples sont aussi conjugués entre eux. Actuellement ces six groupes semblables peuvent se grouper entre eux, ou trois à trois, et d'une manière unique ; ou deux à deux, et de trois manières

différentes. Ce tableau singulier renferme toutes les manières de partager par deux et par trois le système des vingt-quatre permutations de quatre choses.

Quoique les tableaux dont on vient de parler soient assez clairs, le nombre des permutations y croît si rapidement qu'il devient très-pénible de les former et de les suivre. Or le point le plus essentiel dans les spéculations de ce genre, étant la simplicité de la représentation de tant de formules, nous avons cherché, dans les nouveaux polygones que nous avons fait connaître, un moyen de les réduire et de les peindre avec une extrême facilité : de sorte que, par ces figures, on peut très-brièvement exposer, et, pour ainsi dire, montrer aux yeux, tout ce qu'on a trouvé jusqu'ici de plus général et de plus profond sur la résolution des équations algébriques.

4. Cette théorie des permutations nous fait voir encore pourquoi toutes les équations binomes, et celles qui en dépendent, peuvent se résoudre algébriquement. Elle apprend à classer leurs racines imaginaires, de manière qu'elles se conjuguent entre elles d'après les diviseurs du nombre de ces racines; etc., etc.

5. Elle conduit naturellement à la considération de cette espèce de nombres qu'Euler a nommés *racines primitives*, et dont la nature et la détermination lui paraissaient un des points les plus difficiles de la théorie des nombres. *Tales autem numeros pro quovis divisore primo dari certum est; etiam si eos assignare maximè difficile videatur, eorumque indoles ad profundissima numerorum mysteria sit referenda.* (Euler, Opus. Analy.)

Nous nous sommes particulièrement appliqués à l'étude de ces nombres, et nous sommes parvenus à en découvrir

l'expression analytique, en suivant une analogie singulière dont nous allons parler.

Pour un nombre quelconque premier p, il y a toujours des nombres qui sont tels que leurs puissances successives, étant divisées par p, laissent des résidus successifs tous différens; de manière qu'aucune puissance de ces nombres ne peut ramener l'unité avant la puissance $p-1$: c'est ce qu'on nomme les *racines primitives* du nombre premier p; et il est facile de voir qu'il y a autant de ces racines qu'il y a de nombres inférieurs et premiers à $p-1$.

Dans l'équation binome du degré $p-1$, il y a toujours des racines imaginaires qui sont telles que leurs puissances successives peuvent former toutes les autres; de manière qu'aucune d'elles, avant la puissance $p-1$, ne peut être égale à l'unité. Ces racines imaginaires pourraient aussi se nommer les racines primitives de l'équation binome; et il est clair qu'il y a autant de ces racines que de nombres inférieurs et premiers à $p-1$.

Parmi les nombres $1, 2, 3, \ldots$ jusqu'à $p-1$, ceux qui ne sont point racines primitives étant élevés aux puissances successives $1, 2, 3, \ldots$ ne donnent point, à l'égard de p, tous les résidus possibles différens, mais seulement une partie de ces résidus qui reviennent ensuite périodiquement à l'infini, et cette partie est une aliquote de $p-1$.

De même, parmi les racines imaginaires de l'équation binome du degré $p-1$, celles qui ne sont point racines primitives ne peuvent fournir, par leurs puissances successives, toute la série de ces racines; elles n'en forment qu'une partie, et cette partie est une aliquote de $p-1$.

Cette analogie remarquable, qu'il est facile d'étendre plus loin, et qui est complète, nous a fait penser que ces racines

imaginaires devaient être la représentation analytique des racines primitives du nombre premier dont il s'agit : que, vues simplement comme résidus relatifs à ce nombre premier, elles leur devaient être tout-à-fait équivalentes : que par conséquent, si l'on ajoutait aux nombres qui sont sous les radicaux, des multiples convenables de ce nombre premier (ce qui ne peut jamais altérer les valeurs résidues), ces expressions imaginaires deviendraient réelles, rationnelles et entières, donneraient exactement les racines primitives, et ne produiraient que ces seuls nombres. C'est en effet ce que nous avons établi de plusieurs manières, et confirmé par une foule d'exemples curieux. Ainsi les racines primitives d'un nombre premier p sont représentées par la formule qui donne les racines imaginaires de l'équation binome du degré $p-1$, en prenant celles qui, par leurs puissances successives, sont propres à représenter toutes les racines de cette équation. Celles qui, par leurs puissances, ne produisent qu'une partie aliquote de toute la série des racines, répondent aux nombres qui, par leurs puissances, ne fournissent que la même aliquote de tous les résidus différens. Ce sont comme des racines primitives partielles à l'égard de cette aliquote; ou, plus exactement, ce sont des *puissances primitives* entre les résidus de puissances du même degré. Ainsi toute la série des résidus entiers 1, 2, 3, 4, etc., jusqu'à $p-1$, se trouve parfaitement représentée par la suite des racines $\overline{p-1}^{\text{èmes}}$ de l'unité.

6. C'est, au premier coup-d'œil, un étrange paradoxe que d'employer des imaginaires à la représentation actuelle de certains nombres entiers. Mais quand on songe qu'il ne s'agit uniquement que de valeurs résidues, le paradoxe s'é-

vanouit. Car si l'on remplace les nombres soumis aux radicaux par les puissances mêmes dont ils ne sont que les moindres résidus, toute l'expression devient claire et parfaitement égale aux nombres entiers dont il s'agit. Et réciproquement, on aurait pu soupçonner que ces résidus entiers étaient de nature à être mis sous ces formes imaginaires. Les géomètres en avaient déja réduit l'expression à moitié, par la considération des résidus positifs et négatifs. Quoique cela n'offrît encore que des expressions réelles, et qu'on ne s'élevât point, en apparence, au-dessus des considérations ordinaires de l'arithmétique ; c'était pourtant un premier pas vers le théorème général : car c'était, au fond, réduire à moitié les expressions des différens résidus par l'emploi du double signe *plus ou moins* $\pm$, qui est le signe ambigu de la racine quarrée de l'unité. On aurait donc pu imaginer de même de les réduire à toute autre partie aliquote de leur nombre $p-1$, par l'équivoque des racines supérieures de l'unité ; et de-là, en prenant pour aliquote le nombre $p-1$ lui-même, l'on aurait trouvé qu'effectivement ces résidus sont représentés par les différentes racines de l'équation binome du degré $p-1$. Mais ce n'est presque jamais par la voie la plus simple qu'on arrive à de nouvelles vérités.

7. Quoi qu'il en soit, on peut conclure de ces expressions imaginaires une foule de théorèmes sur les nombres entiers qui leur répondent. Les théorèmes de Fermat et de Wilson, en reparaissent comme les premières conséquences : et en général, on peut dire que tout ce qui sera vrai de ces racines imaginaires, sous le rapport de l'égalité absolue, sera vrai des nombres entiers correspondans sous le rapport de l'égalité des résidus qu'ils laissent à l'égard du nombre premier que l'on considère ; de sorte qu'ici nos équations se trouveront

répondre à autant de théorèmes dans l'analyse indéterminée. Et réciproquement, on pourra tirer de cette théorie, des conséquences nouvelles pour l'algèbre. Et, par exemple, nous pouvons démontrer bien facilement, et *à priori*, ce théorème nouveau sur la nature de la formule qui exprime les racines d'une équation binome d'un degré quelconque premier p supérieur à 2 : c'est que le nombre p doit nécessairement se trouver par-tout comme facteur sous tous les radicaux de cette formule. Ainsi, dans la formule des racines *cubiques* de l'unité, le nombre 3 doit se trouver nécessairement sous le radical quarré ; dans la formule des racines *cinquièmes*, le nombre 5 doit être par-tout facteur des nombres qui sont sous les divers radicaux ; et il en est de même pour les racines 7^{es}, 11^{es}, 13^{es}, 17^{es}, etc., comme on pourra le vérifier dans les expressions générales de ces racines, si l'on se donne la peine de les développer.

8. Nous nous sommes étendus sur cette matière, parce qu'elle nous paraît aussi neuve que féconde, et qu'elle nous donne l'idée d'une méthode nouvelle dans l'analyse indéterminée. Et, en effet, si l'on a des équations quelconques indéterminées rapportées à un nombre premier dont elles renferment certains multiples, je dis qu'on pourra substituer à leur place les mêmes équations où l'on ferait nuls par-tout les multiples du nombre premier qu'on y considère. En traitant ces équations déterminées, on aura des formules qui représenteront toujours, comme résidus, les mêmes nombres entiers qui étaient capables de satisfaire aux équations indéterminées qu'on avait en vue : et même ces formules les représenteront dans tous les cas possibles, je veux dire quel que soit le nouveau nombre premier auquel on voudrait actuellement rapporter ces équations.

C'est sans doute une chose bien digne de remarque qu'on

puisse ainsi, par une même formule qui ne contient actuellement que certains nombres donnés, représenter une espèce de nombres dont la loi nous était si cachée, et même l'infinité des espèces semblables qui se rapporteraient à tous les nombres premiers différens susceptibles de les admettre.

9. Euler est le premier qui, d'après le beau théorême de Fermat, ait approfondi et fait connaître les principales propriétés des résidus des puissances. M. Legendre les a présentées aussi d'une manière très-simple, et avec cette facilité de calcul qui naît, dans les opérations successives, de l'omission qu'on y fait des multiples du nombre premier que l'on considère. M. Gauss les a étendues et reproduites sous une autre forme, en représentant par de nouveaux signes les équations indéterminées qu'il nomme alors des *congruences*, ce qui veut dire des équations dont les deux membres *s'accordent* à donner le même résidu. Mais la nature de ces méthodes est, au fond, toujours la même; et il me semble qu'en cette matière on n'était point encore sorti de la synthèse. Enfin, dans nos spéculations analytiques, nous étant moins occupés de la recherche des nombres eux-mêmes, que des formes ou expressions générales qui les pouvaient représenter, nous avons eu l'idée de changer ces équations indéterminées, en *équations absolues*, et de réduire ainsi toute cette analyse à l'algèbre ordinaire. Cette idée peut ouvrir de nouvelles routes : c'est le premier et singulier exemple de l'application de l'algèbre à la théorie des nombres.

10. Au reste, comme la considération des racines primitives peut être d'une grande utilité dans des recherches d'analyse ou de géométrie, nous avons aussi cherché par la synthèse, un moyen facile de les découvrir sans tâtonnement pour un nombre premier quelconque qui serait donné. Cette méthode nouvelle peut être exposée de la manière la plus simple par un exemple.

Et supposons qu'il s'agisse entre autres du nombre premier 31. Comme le nombre inférieur $p-1$, qui est ici 30, se décompose dans les facteurs simples 2, 3 et 5, je remarque que les racines primitives de 31 ne peuvent être ni des quarrés, ni des cubes, ni des cinquièmes puissances; car, à cause des diviseurs 2, 3, 5, du nombre 30, les quarrés étant élevés aux puissances successives, rameneraient l'unité au moins dès la 15^{e} puissance; les cubes la rameneraient dès la 10^{e} puissance; et les autres, à la 6^{e}. Ainsi donc, pour avoir les racines primitives de 31, c'est-à-dire pour avoir les nombres qui ne peuvent ramener l'unité avant la 30^{e} puissance, il suffit d'exclure des trente nombres de la suite naturelle 1, 2, 3, 4, etc., 30, ceux qui sont des quarrés, des cubes, et des 5^{e} puissances, ou plutôt des résidus de ces puissances.

Or au moyen des quarrés, on exclut d'abord la moitié de tous les nombres; par les cubes de ceux qui restent, on en exclut le tiers; et par les 5^{es} puissances, on rejette encore un cinquième de ces derniers nombres; et il ne reste plus que les huit racines primitives de 31.

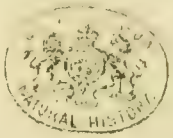
Et il en est de même pour tous les nombres premiers p, en excluant les puissances marquées par les facteurs simples $2, \alpha, \beta, \gamma$, etc., du nombre composé $p-1$. D'où l'on voit encore pourquoi il y a précisément autant de ces racines primitives, qu'il y a de nombres inférieurs et premiers à $p-1$.

La démonstration de cette méthode ne présente aucune difficulté, et dans l'application la règle peut être suivie de manière à ne pas faire plus d'opérations particulières qu'il n'y a de nombres à exclure.

11. Dans les nouveaux commentaires de Pétersbourg, Euler dit, en plusieurs endroits, qu'on ne voit encore aucun moyen de déterminer les racines primitives : que la démonstration qui prouve dans tous les cas leur existence, n'indique pourtant

aucune méthode pour les découvrir. Et, ailleurs, on ne peut, dit-il, saisir entre un nombre premier et les racines primitives qui lui appartiennent, aucune relation d'où l'on puisse déduire au moins *une seule* de ces racines : de sorte que la loi qui règne entre elles paraît aussi profondément cachée que celle qui peut exister entre les nombres premiers eux-mêmes.

Je crois que la théorie précédente ne laisse plus rien à desirer à cet égard. On ne pouvait chercher *séparément* aucune de ces racines, puisqu'elles sont toutes liées d'une manière inséparable, comme les racines d'une même équation. Ainsi la méthode, quelle qu'elle soit, qui en donnerait *une seule*, conduirait nécessairement à toutes les autres. On doit donc les découvrir toutes à-la-fois; et c'est ce qu'on obtient, soit par l'équivoque de cette formule radicale qui les représente, soit par cette dernière méthode arithmétique dont on vient de parler, et qui les donne avec la même facilité qu'on obtiendrait tous les nombres inférieurs et premiers à un nombre donné. Or il me semble qu'on n'a jamais trouvé qu'il y eût une difficulté particulière à déterminer actuellement ces derniers nombres. Et en effet, quand on veut les avoir, on considère les facteurs simples du nombre donné, et, de la suite naturelle 1, 2, 3, 4, 5, etc., on exclut tous les multiples de ces facteurs simples : il reste alors tous les nombres inférieurs et premiers au nombre donné. Ici, au lieu de ces multiples, il faut exclure toutes les puissances d'exposans marqués par les mêmes facteurs; et il reste les racines primitives. C'est, comme on voit, une opération du même genre, mais d'un ordre plus élevé.

FIN DES MÉMOIRES — 1813. 1814. 1815.

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT,
IMPRIMEUR DU ROI, ET DE L'INSTITUT, RUE JACOB, N° 24.